



João Emanuel Oliveira Rodrigues

Licenciado em Ciências de Engenharia Civil

Soluções Construtivas nas Regiões Tropicais: Caso de Moçambique

Dissertação para obtenção do Grau Mestre em
Engenharia Civil – Perfil de Construção

Orientador: Miguel José das Neves Pires Amado, Professor Auxiliar da Faculdade de Ciências e Tecnologias, da Universidade Nova de Lisboa

Júri:

Presidente: Prof^a Doutora Maria Paulina Faria Rodrigues

Arguente: Prof^o Doutor Fernando Manuel Anjos Henriques

Vogal: Prof^o Doutor Miguel Pires Amado



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Novembro de 2014



João Emanuel Oliveira Rodrigues

Licenciado em Ciências de Engenharia Civil

Soluções Construtivas nas Regiões Tropicais: Caso de Moçambique

Dissertação para obtenção do Grau Mestre em
Engenharia Civil – Perfil de Construção

Orientador: Miguel José das Neves Pires Amado, Professor Auxiliar da Faculdade de
Ciências e Tecnologias da Universidade Nova de Lisboa

Júri:

Presidente: Prof^a Doutora Maria Paulina Faria Rodrigues

Arguente: Prof^o Doutor Fernando Manuel Anjos Henriques

Vogal: Prof^o Doutor Miguel Pires Amado



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Novembro de 2014

‘Copyright’ João Emanuel Oliveira Rodrigues, FCT/UNL e UNL

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objectivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Professor Doutor Miguel Pires Amado, por todo o conhecimento transmitido ao longo da minha formação e pelo apoio e partilha de conhecimentos ao longo de todo este trabalho.

Aos meus pais, irmã e avós, por em todos os momentos da minha vida me apoiarem e ajudarem a ultrapassar as dificuldades. As mensagens e valores que me transmitem fazem de mim a cada dia uma pessoa melhor.

À minha namorada Clara Marques, pela motivação e constante apoio nesta fase importante da minha vida.

A todos os meus amigos e colegas, em especial ao Diogo Brito, Mauro Guerreiro, Bruno Lino, Margarida Ferreira, António Ramalho, Rui Simões, João Cruz, Carlos Prazeres, Cláudia Dias, José Rafael Pereira, Marli Silva, Rui Martins, Miguel Almeida, João Fernandes, Ana Amorim, Mértola, Diogo Pires, Mário Delgado, Rui Corveira, Ricardo Moreira, Magda Araújo, Daniel Silva, João Loureiro, André Fernandes e Sandra Figueiredo pela grande amizade, companhia e troca de conhecimentos ao longo de todos estes anos.

Ao grupo do GEOTPU pela ajuda e disponibilidade facultada, especialmente à Francesca Poggi.

O Futuro começa hoje, o Futuro começa agora.

RESUMO

As soluções construtivas devem adequar-se aos problemas que a sustentabilidade ambiental e a economia energética hoje colocam.

Em todo o ciclo de vida de uma construção são consumidos recursos que contribuem para o fenómeno do aquecimento global. A urgência de alterar rapidamente esta tendência, impõe o uso de soluções construtivas mais eficazes em paralelo com uma maior consciencialização das populações para os problemas decorrentes das práticas do sector da construção. Esta problemática é ainda pouco reconhecida em Moçambique e vista como uma possível ameaça ao modelo de desenvolvimento reconhecido como moderno e desenvolvido.

Na maioria das cidades da região tropical tem-se verificado um elevado crescimento urbano nos últimos anos decorrente do aumento demográfico e do nível de desenvolvimento económico. No continente Africano em geral o crescimento não acontece apenas no meio urbano mas também no meio rural, situação que aumenta a necessidade e a oportunidade para a (re-) introdução de soluções construtivas que contribuam para uma maior sustentabilidade do planeta. No período anterior ao fenómeno da globalização dos modelos arquitetónicos, a construção tradicional era mais sustentável que a generalidade das edificações atuais, principalmente no que toca ao consumo energético e à produção de resíduos. Os recursos utilizados eram essencialmente naturais e provenientes de fontes renováveis.

A presente dissertação pretende contribuir para o estudo e utilização das soluções construtivas mais adequadas ao clima tropical, suportadas nas conclusões de estudo exploratório, que adotou um modelo de investigação composto por várias etapas cumulativas de desenvolvimento. Este trabalho desenvolveu ainda uma análise de um modelo de habitação unifamiliar adequada ao espaço rural de Moçambique. Foi feito uso do programa de *software Ecotect*, através do qual foi possível concluir quais as melhores práticas no quadro do conformo térmico no interior dos edifícios na região tropical.

Termos chave: Soluções Construtivas; Clima Tropical; Sustentabilidade na Construção; Moçambique.

ABSTRACT

Environmental sustainability and energy economy are two important features that should be respected on nowadays constructive solutions.

Throughout the construction lifecycle different resources are consumed that highly contribute for global warming. The urgency to rapidly change this trend requires the use of more appropriate constructive solutions, alongside with an enhancement of people consciousness on inherent problems associated with current construction practices. In Mozambique this issue is not really recognized and it is seen as a possible threat for the development model known as modern and developed.

Over the last years, many tropical cities have experienced severe urban growth as a result of the demographic increase and economy development. In the African continent, this growth has been observed not only in urban areas, but also in rural zones. This, increases the need and the opportunity to (re-) introduce constructive solutions that contribute to a more sustainable planet. In the past, before the globalization period of architectonic models, traditional construction was more sustainable compared to the current edifications, mainly concerning the energy consumption and residues production. The resources used were mostly natural, from renewable sources.

The present study aims to improve the knowledge for adapted constructive solutions applied to tropical regions. This work was supported on an exploratory study that resulted from an investigation through several cumulative stages of development. Also an analysis of a model of proper family house for rural areas of Mozambique was developed. In this context, the *software Ecotect* was used to determine which are the best practices for a better thermal confort inside buildings in the tropical region.

Keywords: Constructive Solution; Tropical Weather; Construction Sustainability; Mozambique.

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ASHRAE – American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers

BTC – Blocos de Terra Compactado

BTC'E – Blocos de Terra Comprimida Estabilizados

CIB - Conselho Internacional da Construção

GEE – Gases de Efeito de Estufa

IDS – Inquérito Demográfico e de Saúde

INE – Instituto Nacional de Estatística (Moçambique)

kWh – Quilowatt-hora

MARSSC - Metodologia de Avaliação Relativa da Sustentabilidade de Soluções Construtivas

MPa - Megapascal

RGEU – Regulamento Geral das Edificações Urbanas

U- Coeficiente de Transmissão Térmica

UNESCO - United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization

WCDE – World Commission on Environment and Development

Wh – Watt-hora

XPS- Poliestireno Extrudido

ÍNDICE

1.	INTRODUÇÃO.....	1
1.1.	OBJETIVOS.....	3
1.2.	TEMA E MOTIVAÇÃO.....	4
1.3.	METODOLOGIA	5
1.4.	ESTRUTURA	6
2.	ESTADO DO CONHECIMENTO	9
2.1.	DEFINIÇÃO DE ARQUITETURA TROPICAL.....	9
2.1.1.	<i>Arquitetura Vernacular.....</i>	<i>10</i>
2.1.2.	<i>Construção Sustentável.....</i>	<i>12</i>
2.2.	CLIMA TROPICAL	18
2.2.1.	<i>Definição de Clima Tropical.....</i>	<i>19</i>
2.2.2.	<i>Condições de Conforto Térmico.....</i>	<i>21</i>
2.3.	SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS NA REGIÃO TROPICAL.....	23
2.3.1.	<i>África</i>	<i>23</i>
2.3.2.	<i>Ásia e Oceânia.....</i>	<i>36</i>
2.3.3.	<i>América.....</i>	<i>42</i>
2.4.	RECURSOS DA REGIÃO TROPICAL APLICÁVEIS NA CONSTRUÇÃO.....	46
2.4.1.	<i>O Bambu</i>	<i>47</i>
2.4.2.	<i>A Madeira</i>	<i>49</i>
2.4.3.	<i>Sisal</i>	<i>50</i>
2.4.4.	<i>O Colmo.....</i>	<i>52</i>
2.4.5.	<i>A Terra.....</i>	<i>53</i>
2.4.6.	<i>A Pedra</i>	<i>58</i>
2.4.7.	<i>Técnicas tradicionais com outros materiais</i>	<i>59</i>
2.5.	SÍNTESE DE CAPÍTULO.....	60
3.	SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS PARA A REGIÃO TROPICAL	61
3.1.	ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS NAS SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS.....	61
3.1.1.	<i>Localização, forma e orientação das soluções construtivas</i>	<i>63</i>
3.1.2.	<i>Sobreaquecimento</i>	<i>67</i>
3.1.3.	<i>Técnicas Relativas à Proteção da Radiação Solar.....</i>	<i>67</i>
3.1.4.	<i>Ventilação Natural</i>	<i>73</i>
3.1.5.	<i>Inércia Térmica</i>	<i>79</i>

3.1.6.	<i>Arrefecimento Evaporativo.....</i>	79
3.1.7.	<i>Controle de Ganhos Internos.....</i>	80
3.1.8.	<i>Manuseamento correto de controlos ambientais</i>	80
3.1.9.	<i>Sistemas Passivos de Captação e Potabilização de Água das chuvas</i>	81
3.1.10.	<i>Síntese em Quadros: Requisitos - Técnicas – Desempenho</i>	82
3.2.	ENERGIAS RENOVÁVEIS	86
3.2.1.	<i>Solar fotovoltaico.....</i>	87
3.2.2.	<i>Eólica</i>	88
3.2.3.	<i>Hídrica</i>	88
3.2.4.	<i>Sistemas Passivos Tradicionais que utilizam Energias Renováveis</i>	89
3.2.5.	<i>Poupança de Energia.....</i>	91
3.3.	SÍNTESE DE CAPÍTULO	93
4.	O CASO DE MOÇAMBIQUE	95
4.1.	CARATERIZAÇÃO DO PAÍS	95
4.2.	CLIMA EM MOÇAMBIQUE	95
4.3.	CONDIÇÕES DE CONFORTO TÉRMICO EM MOÇAMBIQUE	96
4.4.	PRINCIPAIS RECURSOS NATURAIS EM MOÇAMBIQUE	98
4.4.1.	<i>Agricultura</i>	98
4.4.2.	<i>Hidrografia.....</i>	99
4.4.3.	<i>Minerais, Rochas e Recursos Energéticos (Fósseis).....</i>	101
4.4.4.	<i>Recursos Florestais.....</i>	103
4.5.	RECURSOS NATURAIS EM MOÇAMBIQUE APLICÁVEIS NA CONSTRUÇÃO	104
4.6.	ESTADO DA CONSTRUÇÃO EM MOÇAMBIQUE	108
4.6.1.	<i>Arquitetura Vernacular</i>	108
4.6.2.	<i>A influência portuguesa em Moçambique (Construção Colonial).....</i>	108
4.6.3.	<i>Análise da Situação atual das cidades de Moçambique.....</i>	110
4.6.4.	<i>Indicadores de Desenvolvimento em Moçambique.....</i>	114
5.	PROPOSTA DE UM MODELO PARA O MEIO RURAL	117
5.1.	UTILIZAÇÕES CORRENTES NO ESPAÇO RURAL	117
5.1.1.	<i>Tipologia da habitação tradicional</i>	119
5.1.2.	<i>Parâmetros de habitabilidade</i>	119
5.2.	CARACTERIZAÇÃO DO MODELO	121
5.3.	SIMULAÇÃO E AVALIAÇÃO DO MODELO, APLICAÇÃO DO ECOTECT.	126
5.3.1.	<i>Resultados do Caso Prático</i>	134
5.3.2.	<i>Melhoria da Habitação Experimental.....</i>	136

6.	CONCLUSÕES E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS.....	141
6.1.	CONCLUSÃO	141
6.2.	DESENVOLVIMENTOS FUTUROS.....	141
	BIBLIOGRAFIA.....	143

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1 - CRESCIMENTO DA POPULAÇÃO URBANA E RURAL EM REGIÕES DESENVOLVIDAS E EM REGIÕES EM DESENVOLVIMENTO. 1950-2050 (UNITED NATIONS, 2008)	2
FIGURA 1.2 - CRESCIMENTO DA POPULAÇÃO URBANA E RURAL NAS REGIÕES DESENVOLVIDAS E NAS REGIÕES EM DESENVOLVIMENTO. 1950-2050 (UNITED NATIONS, 2008)	2
FIGURA 1.3 – ESQUEMA DA METODOLOGIA USADA.....	6
FIGURA 2.1 - (A) O “BANGGOLO”; (B) O BUNGALOW ADAPTADO PELOS EUROPEUS FONTE: (TZONIS ET AL., 2001).....	9
FIGURA 2.2 – EVOLUÇÃO DO NÚMERO DE ARTIGOS EM REVISTAS INTERNACIONAIS CONTENDO AS PALAVRAS “CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL” NO TÍTULO, NO RESUMO E NAS PALAVRAS-CHAVES (TORGAL & JALALI, 2010)	16
FIGURA 2.3 – MAPA COM OS TIPOS DE CLIMA TROPICAL E RESPECTIVAS ZONAS (FRY & DREW, 1964; GOURGEL, 2012)	19
FIGURA 2.4 - DIAGRAMA PSICOMÉTRICA REFERENTE À CIDADE DE MAPUTO (GUEDES ET AL., 2011).....	23
FIGURA 2.5 - EDIFÍCIOS CONSTRUÍDOS EM TERRA NA LÍBIA (MABALEKA, 2010)	25
FIGURA 2.6 - CONSTRUÇÃO EM MARROCOS (CREMONESI ET AL., 2012).....	26
FIGURA 2.7 – HABITAÇÕES VERNACULARES EM CABO VERDE (GUEDES ET AL., 2011).....	28
FIGURA 2.8 COBERTURA DE UMA HABITAÇÃO VERNACULAR EM CIDADE VELHA (GUEDES ET AL., 2011).....	28
FIGURA 2.9 - CASAS VERNACULARES COM COBERTURA DE TELHA CERÂMICA, CIDADE VELHA (INOCÊNCIO, 2012).....	29
FIGURA 2.10 – BAIRRO URBANO EM CABO VERDE. (INOCÊNCIO, 2012).....	30
FIGURA 2.11 - MORADIAS UNIFAMILIARES EM BAIRRO NOBRE, CIDADE DA PRAIA (INOCÊNCIO, 2012).....	31
FIGURA 2.12 - HABITAÇÃO VERNACULAR TRADICIONAL NO MEIO RURAL	32
FIGURA 2.13 - CONSTRUÇÃO COLONIAL, ESTAÇÃO DE CAMINHO-DE-FERRO, BEIRA	33
FIGURA 2.14 – PROLONGAMENTO DA COBERTURA NAS HABITAÇÕES COLONIAIS.....	33
FIGURA 2.15 – BAIRROS DE CANIÇO.....	34
FIGURA 2.16 – ARQUITETURA VERNACULAR EM ANGOLA (GUEDES ET AL., 2011)	35
FIGURA 2.17 - CONSTRUÇÃO VERNACULAR NO SUDESTE ASIÁTICO (OLIVER, 1997)	37
FIGURA 2.18 - A) CONSTRUÇÃO TRADICIONAL NA INDONÉSIA (GOMES, 2012) B) CASA TRADICIONAL DA ETNIA BATAK (FONTE: WIKIPÉDIA).....	39
FIGURA 2.19 - PRÉDIOS CONSTRUÍDOS COM ADOBE NO IÊMEN (STEEN ET AL., 2003; TORGAL & JALALI, 2010)	41

FIGURA 2.20 - TORRES PARA CAPTAÇÃO DE VENTO NO IRÃO (PASSOS, 2009)	42
FIGURA 2.21 - ARQUITETURA VERNACULAR NAS BAHAMAS (CRAIN, 1994).....	43
FIGURA 2.22 - EXEMPLO DE OCAS (CLARO ET AL., 2008).....	45
FIGURA 2.23 – INTERIOR DE UMA CASA INDÍGENA DO BRASIL COM CONTRAVENTAMENTO (CLARO ET AL., 2008).....	46
FIGURA 2.24 - DISTRIBUIÇÃO DE BAMBU PELO MUNDO (CLARK, 2005)	48
FIGURA 2.25 – PRODUÇÃO DE SISAL EM MOÇAMBIQUE.....	51
FIGURA 2.26 – CANA-DE-AÇÚCAR (FONTE: WWW.HIPERSUPER.PT).....	52
FIGURA 2.27 - DISTRIBUIÇÃO DAS CONSTRUÇÕES DE TERRA PELO MUNDO (TORGAL & JALALI, 2010)	53
FIGURA 2.28 - CURA DE BLOCOS DE ADOBE	55
FIGURA 2.29 - COMPACTAÇÃO MANUAL TRADICIONAL NA CONSTRUÇÃO DE PAREDES DE TAIPA (TORGAL & JALALI, 2010).....	56
FIGURA 2.30 - CONSTRUÇÃO COM BLOCOS DE SOLO-CIMENTO	58
FIGURA 3.1 - GANHOS DE CALOR NO INTERIOR DE UMA HABITAÇÃO (GUEDES ET AL., 2011)	63
FIGURA 3.2 - LOCALIZAÇÃO DE UM AGLOMERADO NUMA ENCOSTA (GUEDES ET AL., 2011)	64
FIGURA 3.3 - IMPLEMENTAÇÃO DE HABITAÇÕES EM ENCOSTAS (GUEDES ET AL., 2011).....	65
FIGURA 3.4 - A GERMINAÇÃO DAS HABITAÇÕES REDUZ A ÁREA DE EXPOSIÇÃO SOLAR (GUEDES ET AL., 2011)	65
FIGURA 3.5 - DEFINIÇÃO DE ÁREAS PASSIVAS (COR CLARA) E NÃO PASSIVAS (COR ESCURA) NA PLANTA DE UM EDIFÍCIO (ADAPTADO DE BAKER, 2000) (GUEDES ET AL., 2011).....	66
FIGURA 3.6 - REPRESENTAÇÃO DO PERCURSO SOLAR (GUEDES ET AL., 2011).....	67
FIGURA 3.7 – SOMBREAMENTO DE FACHADA POR PROJEÇÕES HORIZONTAIS (ESQUERDA); SOMBREAMENTO FIXO DE JANELAS (DIREITA) (GUEDES ET AL., 2011).....	69
FIGURA 3.8 – SOMBREAMENTO DE FACHADAS ATRAVÉS DE PÁTIOS E ARCADAS (GUEDES ET AL., 2011)	69
FIGURA 3.9 - SISTEMA CONSTRUTIVO MISTO DE COBERTURA (GUEDES ET AL., 2011)	72
FIGURA 3.10 - REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DE BARREIRA RADIANTE COM CAIXA-DE-AR VENTILADA (GUEDES ET AL., 2011).....	73
FIGURA 3.11 - ESQUEMA DE VENTILAÇÃO POR EFEITO DE CHAMINÉ NUM EDIFÍCIO DE ÁTRIO (GUEDES ET AL., 2011).....	76
FIGURA 3.12 - A) SÍTIO POROSO; B) SÍTIO OPACO; C) SÍTIO COM ESPAÇOS ENTRE AS PORÇÕES DO TECIDO URBANO FORMANDO ÁREAS POROSAS. (ADAPTADO ROMERO, 2000: 108).....	78
FIGURA 3.13 – SISTEMA TRADICIONAL DE AUTOCONSTRUÇÃO PARA APROVEITAMENTO DE ÁGUA DAS CHUVAS (GUEDES ET AL., 2011).....	81
FIGURA 3.14 – SISTEMA COM DEPÓSITO PARA AQUECIMENTO DE ÁGUA (GUEDES ET AL., 2011) .	89

FIGURA 3.15 – DEPÓSITO DE ÁGUA ISOLADO (EM CIMA) E LIGAÇÃO DE VÁRIOS DEPÓSITOS (EM BAIXO) (GUEDES ET AL. 2011).....	90
FIGURA 3.16 – ORIENTAÇÃO E INCLINAÇÃO DE UM COLETOR SOLAR (GUEDES ET AL., 2011)	91
FIGURA 4.1 - DIAGRAMA PSICOMÉTRICO REFERENTE À CIDADE DA BEIRA (GUEDES ET AL., 2011)	97
FIGURA 4.2 - DIAGRAMA PSICOMÉTRICO REFERENTE À CIDADE DO LUMBO (GUEDES ET AL., 2011)	97
FIGURA 4.3 – DISTRIBUIÇÃO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DE MOÇAMBIQUE (MINED, 1986; CUMBE, 2007).....	100
FIGURA 4.4 - HABITAÇÕES VERNACULARES TRADICIONAIS COM COBERTURA DE COLMO	108
FIGURA 4.5 - CONSTRUÇÃO COLONIAL PORTUGUESA EM MOÇAMBIQUE	109
FIGURA 4.6 - PERCENTAGEM DE AGREGADOS FAMILIARES QUE TEM ENERGIA ELÉTRICA, SEGUNDO ÁREA DE RESIDÊNCIA E PROVÍNCIA, MOÇAMBIQUE, 2003 E 2011 (IDS, 2011)	112
FIGURA 4.7 – MATERIAL MAIS UTILIZADO NO PISO DAS HABITAÇÕES (IDS, 2011).....	112
FIGURA 4.8 - EXEMPLO DE SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS COM USO DE CHAPAS NA COBERTURA ...	113
FIGURA 4.9 – LÍDERES DE INVESTIMENTO ESTRANGEIRO EM MOÇAMBIQUE	115
FIGURA 5.1 – TIPO DE HABITAÇÕES PRESENTES NO ESPAÇO RURAL	118
FIGURA 5.2 – PLANTA SIMPLIFICADA DA HABITAÇÃO INICIAL	122
FIGURA 5.3 – PRIMEIRO MODELO DE HABITAÇÃO PARA SIMULAÇÃO NO <i>ECOTECH</i>	125
FIGURA 5.4 – FICHEIRO CLIMÁTICO DA PROVÍNCIA DE NAMPULA, CRIADO NO SOFTWARE <i>METEORN</i>	127
FIGURA 5.5 – MÁ ORIENTAÇÃO DO EDIFÍCIO SEGUNDO O PERCURSO SOLAR	128
FIGURA 5.6 – LOCALIZAÇÃO CORRETA DO EDIFÍCIO SEGUNDO O PERCURSO SOLAR	128
FIGURA 5.7 – INCIDÊNCIA SOLAR NA HABITAÇÃO DURANTE O ANO	129
FIGURA 5.8 – CARATERÍSTICAS FÍSICAS E TÉRMICAS RELATIVAS AOS BLOCOS DE SOLO-CIMENTO (BIBLIOTECA DO <i>ECOTECH</i>)	131
FIGURA 5.9 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E TÉRMICAS DA COBERTURA FINAL.....	132
FIGURA 5.10 - CARATERÍSTICAS FÍSICAS E TÉRMICAS RELATIVAS AO VIDRO DUPLO (BIBLIOTECA DO <i>ECOTECH</i>)	132
FIGURA 5.11 – CARACTERIZAÇÃO DO AMBIENTE INTERNO DA HABITAÇÃO NO <i>ECOTECH</i>	133
FIGURA 5.12 – NECESSIDADES DE ENERGÉTICAS NA PRIMEIRA SIMULAÇÃO. UNIDADES: Wh ...	134
FIGURA 5.13 - NECESSIDADES ENERGÉTICAS COM ORIENTAÇÃO SOLAR OTIMIZADA. UNIDADES: Wh	135
FIGURA 5.14 – NECESSIDADES DE ARREFECIMENTO. PROPOSTA DE MELHORIA.....	137
FIGURA 5.15 – REPRESENTAÇÃO DA HABITAÇÃO FINAL PROPOSTA	139
FIGURA 5.16 – REPRESENTAÇÃO DO SISTEMA DE VENTILAÇÃO ADOTADO	140

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 2.1 - CRONOLOGIA DOS ACONTECIMENTOS MAIS SIGNIFICATIVOS NO ÂMBITO DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL (TORGAL & JALALI, 2010).....	14
TABELA 2.2 - OS PRINCÍPIOS DA CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL (KIBERT, 2008).....	15
TABELA 2.3 - CLASSIFICAÇÃO DAS CONSTRUÇÕES (GUEDES ET AL., 2011).....	24
TABELA 3.1 - DIFERENTES TIPOS DE SOMBREAMENTO	70
TABELA 3.2 - OBJETIVOS DA VENTILAÇÃO E RESPECTIVOS REQUISITOS (GUEDES ET AL., 2011)...	75
TABELA 3.3 - ESTRATÉGIAS DE VENTILAÇÃO NATURAL POR EFEITO DE CHAMINÉ	77
TABELA 3.4 - USO DE ESTRATÉGIAS DE VENTILAÇÃO NATURAL EM FUNÇÃO DA DIFERENÇA ENTRE TEMPERATURAS INTERNAS E EXTERNAS (GUEDES ET AL., 2011)	78
TABELA 3.5.- REQUISITOS DAS TRÊS QUESTÕES FUNDAMENTAIS NA CONCEÇÃO DE CONSTRUÇÕES BIOCLIMÁTICAS	83
TABELA 3.6 - SÍNTESE DAS TÉCNICAS DE CONSTRUÇÃO BIOCLIMÁTICA SEGUNDO OS SEUS REQUISITOS, TÉCNICAS E CONTRIBUTOS NAS ESTRATÉGIAS DE SUSTENTABILIDADE.....	84
TABELA 4.1 - PRINCIPAIS PRODUTOS AGRÍCOLAS E PRINCIPAIS ESPÉCIES DE CULTURA.....	99
TABELA 4.2 - (SITE: WWW.HIPER-ACTIVA.PT/MADEIRAS_DE_MOCAMBIQUE)	105
TABELA 4.3 – PRINCIPAIS RECURSOS NATURAIS DE MOÇAMBIQUE APLICÁVEIS NA CONSTRUÇÃO	105
TABELA 4.4 – INDICADORES ECONÓMICOS.....	115
TABELA 5.1 - MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO PREDOMINANTES NO ESPAÇO RURAL.....	119
TABELA 5.2 – NECESSIDADES ENERGÉTICAS DA HABITAÇÃO RELATIVAS À PROPOSTA INICIAL .	135
TABELA 5.3 – NECESSIDADES ENERGÉTICAS DA HABITAÇÃO RELATIVAS À BOA ORIENTAÇÃO SOLAR.....	136
TABELA 5.4 – NECESSIDADES ENERGÉTICAS DA HABITAÇÃO RELATIVAS A PROPOSTA DE MELHORIA	138
TABELA 5.5 – ANÁLISE COMPARATIVA DAS SOLUÇÕES	138

1. INTRODUÇÃO

A natural necessidade do homem criar ambientes de conforto, e de se proteger das intempéries, levou-o à criação de locais habitáveis que foram sofrendo grande evolução com o passar dos anos. Estes locais eram feitos utilizando apenas os materiais disponíveis no meio ambiente. A inexistência de tecnologias sofisticadas obrigou à procura de soluções construtivas adaptadas a cada região. No seguimento da evolução tecnológica, passaram a existir materiais mais elaborados, muitas vezes oriundos de outras regiões distantes.

Assiste-se, nos tempos de hoje, a uma globalização que gerou padrões de edifícios que muitas vezes desconsideram as questões climáticas e ambientais da região onde se inserem. Por exemplo, a criação de excesso de envidraçado nas fachadas de edifícios em países de clima quente e a má orientação dos mesmos, gera verdadeiras estufas quando expostos a forte radiação solar. A solução desta problemática acaba por passar pelo uso de sistemas de refrigeração e iluminação artificial, que poderiam perfeitamente ser evitados (Gomes, 2012).

A necessidade evidente de se adotarem novas e melhores soluções construtivas nas regiões tropicais levou à escolha do tema da presente dissertação. A interdependência dos fatores climáticos e ambientais é uma realidade que torna todos os países e todos os cidadãos igualmente responsáveis pelo desastre ecológico que já vivemos, e que se intensificará caso não estejamos todos conscientes e solidários com a sua mitigação, senão mesmo prevenção (Guedes et al., 2011). Os países de clima tropical ocupam 55.000 Km² de território, constituindo cerca de 40% da área da superfície terrestre, e as suas populações apresentam considerável crescimento, contabilizando atualmente cerca de 40% da população mundial (Ayoade, 1996).

Atualmente, o exponencial crescimento económico em alguns dos países destas regiões, como é o caso de Angola e Moçambique, leva o sector da construção a apresentar também um considerável crescimento. Contudo, é nos países em desenvolvimento, onde o crescimento económico e populacional apresenta elevada subida, que o aumento de emissões de CO₂ (dióxido de carbono) será também tendencialmente maior (Guedes et al., 2011).

Pela análise da Figura 1.1, pode comprovar-se esta tendência. Verifica-se que nas regiões em desenvolvimento haverá um crescimento exponencial da população urbana. Quanto à população rural destas regiões, é esperado no geral também um ligeiro crescimento num futuro próximo, mas esta tendência tenderá a inverter-se (United Nations, 2008). Já na Figura 1.2 em particular, é possível concluir que de todos os continentes, o continente africano é o único que apresenta um crescimento tanto da população rural como da urbana. Estes dados tornam evidente um aumento significativo da população neste continente, e portanto torna-se necessário proceder rapidamente a medidas e técnicas de construção mais sustentáveis, para que no futuro se assista a um desenvolvimento positivo no contexto económico, social e ambiental.

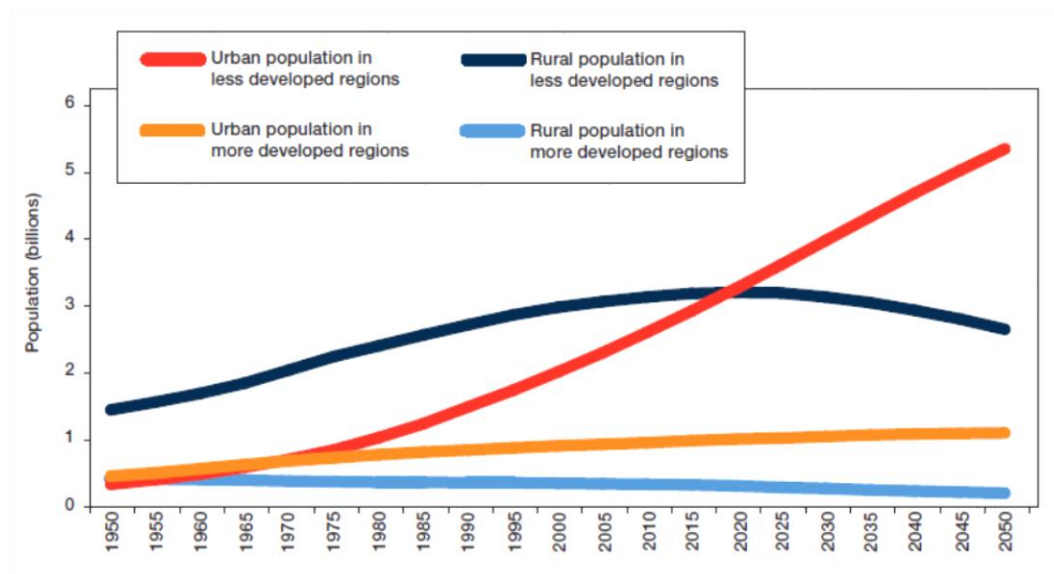


Figura 1.1 - Crescimento da população urbana e rural em regiões desenvolvidas e em regiões em desenvolvimento. 1950-2050 (United Nations, 2008)

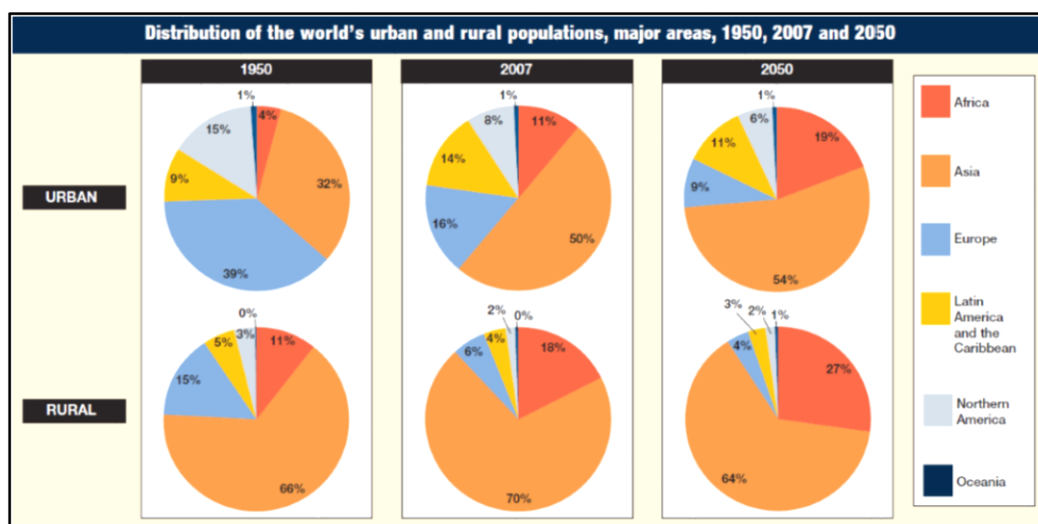


Figura 1.2 - Crescimento da população urbana e rural nas regiões desenvolvidas e nas regiões em desenvolvimento. 1950-2050 (United Nations, 2008)

É do conhecimento comum, que as civilizações anteriores eram mais sãs, sensatas e sustentáveis nas práticas que utilizavam nas suas construções. Contudo, muitas das boas práticas foram-se perdendo devido ao avanço da sociedade industrializada, onde as expectativas advindas deste modo de vida originaram uma sociedade completamente insustentável a longo prazo.

É portanto sobre esta realidade que se justifica a escolha do tema da presente dissertação, esperando-se contribuir para a criação de melhores soluções construtivas, com um enfoque particular em Moçambique, país no qual o autor tenciona viver e aplicar os conhecimentos adquiridos

ao longo da sua formação. Na parte final da mesma, será desenvolvida uma solução a título experimental, com o intuito de se aplicarem alguns dos conhecimento adquiridos durante o estudo.

1.1. Objetivos

A presente dissertação tem como objetivo geral contribuir para o conhecimento de soluções e técnicas construtivas mais sustentáveis nas construções em ambientes tropicais, mais propriamente as destinadas a Moçambique. Procurar-se-á reconhecer a necessidade de introdução de soluções alternativas mais sustentáveis nas edificações para contribuir com um desenvolvimento de forma positivo no contexto económico, social e ambiental.

Como objetivo principal, pretende-se analisar e perceber alguns dos sistemas construtivos tradicionais usados nas regiões tropicais, relativamente às suas técnicas de construção. Essa abordagem prende-se principalmente com a importância da escolha dos materiais de construção mais adequados para cada contexto específico, assim como com a utilização de algumas estratégias bioclimáticas adequadas a cada solução. Há também outras estratégias a serem estudadas, como a adaptação à forma e ao clima e que resultam numa maior poupança energética nas construções. Nos climas tropicais essas preocupações prendem-se essencialmente com necessidades de arrefecimento que serão cuidadosamente abordadas ao longo da dissertação. O principal objetivo é citar as vantagens da adoção dessas medidas, reunindo algumas recomendações de boas práticas para a construção de edifícios. Pretende-se com estas medidas dar um contributo na redução dos impactos ambientais negativos que advêm de algumas soluções construtivas atuais e se intensificam com o uso ineficiente de recursos naturais não renováveis nas mesmas.

Além das medidas atrás mencionadas, o conhecimento de energias renováveis e de algumas técnicas simples que contribuem para uma maior poupança energética nos edifícios da região tropical, fazem parte dos objetivos desta dissertação.

Como tal, definiram-se para o efeito, alguns objetivos específicos como:

- Analisar de forma crítica, em que medida as soluções construtivas existentes nas regiões tropicais contemplam os princípios da sustentabilidade;
- Apresentar as causas prováveis e fatores que contribuem para o desconforto térmico existente nos edifícios da região tropical, com o caso de Moçambique em particular;
- Estudar o emprego de alguns materiais na construção em ambiente tropical;
- Estudar as estratégias usadas na arquitetura bioclimática;
- Reunir diversa informação sobre as soluções construtivas atuais no meio rural de Moçambique;
- Dar um exemplo prático de uma solução para espaço rural de Moçambique;

- Verificar e comprovar que o uso destas soluções permite uma significativa redução das necessidades energéticas de qualquer tipo de habitação.

O exemplo prático tem como objetivo a simulação de um sistema construtivo relativamente ao consumo energético do mesmo. Para o caso, será utilizado um programa de *software*, o *Ecotect*, onde será testada uma habitação unifamiliar para o espaço rural na região de Nacala em Moçambique.

Em suma, procurar-se-á reconhecer a necessidade de introdução de soluções alternativas mais sustentáveis, para contribuir com um desenvolvimento de forma positivo no contexto económico, social e ambiental.

1.2. Tema e Motivação

Moçambique é um dos países de clima tropical, onde se tem assistido a um crescimento acelerado da população tanto nos centros urbanos como no meio rural. O forte crescimento da economia do país, e a procura de melhores condições de vida por parte das populações, fazem com que o setor da construção seja atualmente uma das maiores áreas em desenvolvimento no país. Porém o crescimento nas construções tem sido desordenado, sem planeamento adequado e principalmente sem a utilização de materiais e técnicas construtivas que originem soluções adequadas ao clima e às necessidades dos seus habitantes, pondo em causa uma das maiores preocupações do momento, o desenvolvimento sustentável. Este conceito apresentado em 1987 no Relatório de Brundtland – “O Nosso Futuro Comum”, é definido como: “o desenvolvimento que dá resposta às necessidades do presente, sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras darem resposta às delas” (Pinheiro, 2006).

Qualquer tipo de atividade construtiva, desde a construção de edifícios e infraestruturas das mais variadas tipologias e funcionalidades, potencia não só um importante efeito económico e social mas também ambiental.

Segundo (Pinheiro, 2006) a ocupação e uso do solo, o consumo de recursos, a produção em larga escala de resíduos e efluentes potenciam a alteração e degradação dos ecossistemas naturais, que podem interferir diretamente com o ambiente envolvente.

Neste sentido, as motivações para o desenvolvimento da presente dissertação, passam pelo interesse e contribuição na procura de soluções construtivas mais sustentáveis.

O facto de autor pretender no seu futuro ter uma experiência profissional em Moçambique, o presente trabalho, sensibilizá-lo-á para o conhecimento e uso de algumas técnicas e soluções construtivas estudadas. O interesse em Moçambique, em particular, deve-se sobretudo ao crescimento acelerado do sector da construção, e também, ao interesse económico que o mesmo atualmente suscita.

1.3. Metodologia

Na presente dissertação, a metodologia utilizada teve em conta os objetivos a que a mesma se propôs. Desta forma, procedeu-se à técnica de análise documental: numa primeira fase a uma pesquisa científica, através de recolhas bibliográficas e pela análise de estudos de caso, que se identificassem e servissem de apoio na construção da mesma. O tipo de bibliografia pesquisada inclui alguns livros, artigos, elementos de apoio teóricos para disciplinas universitárias, trabalhos académicos realizados anteriormente e algumas fontes disponíveis na internet. Toda a informação está indicada com a respetiva bibliografia de fontes fiáveis e credíveis.

Esta dissertação incide sobre o tema *Soluções Construtivas nas Regiões Tropicais*, com um enfoque particular em Moçambique nas várias abordagens ao tema. Os climas tropicais são geralmente quentes, e consequentemente os edifícios necessitam naturalmente de estratégias e técnicas de arrefecimento. Estas visam diminuir os ganhos de calor, para que se consiga proporcionar o bem-estar dos ocupantes. No passado, antes de existirem meios mecânicos de arrefecimento, as soluções construtivas tradicionais adaptavam-se a cada clima através do uso de estratégias passivas, as quais conseguiam proporcionar um agradável conforto ambiental.

Para alcançar estes objetivos, algumas questões relevantes se equacionam, tais como:

- Quais os métodos e soluções tradicionais de construção que podem ser adaptados nas atuais soluções construtivas?
- Que índices de conforto e quais os padrões ecológicos sustentáveis para as condições e estilos de vida das regiões tropicais?
- Quais os materiais, de perfil natural, que devem ser usados em certas regiões de clima tropical?
- Que técnicas de arrefecimento passivo são mais indicadas para este tipo de clima em especial?
- Qual o tipo de construção que deve ser usada futuramente no espaço rural Moçambicano?
- Será que a construção tradicional deve voltar a ser estudada, no sentido de se empregarem algumas técnicas que caíram em desuso?
- Entre muitas outras questões.

As respostas a estas e outras questões serão abordadas ao longo da presente dissertação.

De seguida, é apresentado na Figura 1.3, um esquema que ajuda a compreender melhor a metodologia usada.

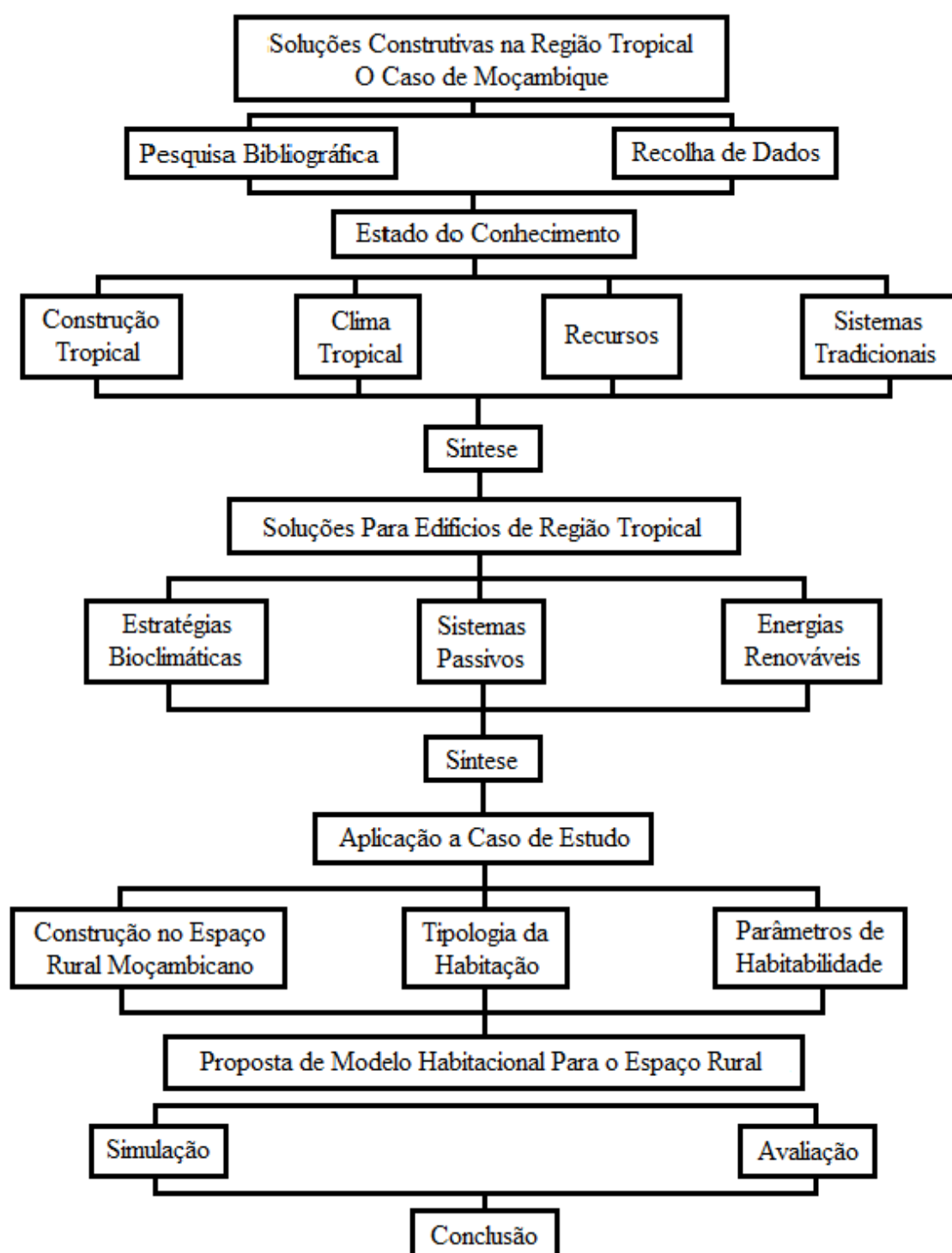


Figura 1.3 – Esquema da Metodologia Usada

1.4. Estrutura

No sentido de se atingirem os objetivos propostos, o trabalho foi estruturado da seguinte forma.

O primeiro capítulo (Introdução) encontra-se dividido nos seguintes quatro subcapítulos:

- Objetivos;
- Motivação;
- Metodologia
- Estrutura.

O segundo capítulo (*Estado da Conhecimento*) engloba as bases do trabalho apresentado. Este capítulo passa pela definição da arquitetura e da construção em climas tropicais, onde numa primeira fase serão abordadas as evoluções das soluções construtivas presentes em várias regiões de clima tropical ao longo dos anos. Esta abordagem passa pela construção tradicional referindo algumas técnicas utilizadas em diferentes regiões tropicais, particularizando naturalmente o caso de Moçambique. A revisão de literatura neste capítulo engloba também uma análise ao clima tropical, sendo descritas as suas principais características, visando também a sua influência diretamente na forma e conceção de qualquer solução construtiva. A parte final do estudo foi direcionada para a seleção e características dos recursos naturais da região tropical que podem ser aplicáveis na construção. Este capítulo encontra-se assim dividido nos seguintes quatro subcapítulos:

- Definição de Arquitetura Tropical;
- Clima Tropical;
- Soluções Construtivas na Região Tropical;
- Recursos da Região Tropical Aplicáveis na Construção.

No terceiro capítulo (*Soluções Construtivas Para Edifícios da Região Tropical*) o estudo incide nas estratégias passivas que podem ser adotadas em construções de clima tropical. O mesmo inicia-se com o estudo das várias estratégias bioclimáticas adequadas para as construções em clima tropical. Procurar-se-á também explicar, algumas adaptações feitas empiricamente nas construções tradicionais. Este está estruturado em dois subcapítulos, sendo o segundo referente às energias renováveis conforme apresentado seguidamente:

- Estratégias Bioclimáticas nas Soluções Construtivas;
- Energias Renováveis.

No quarto (*O Caso de Moçambique*) trata-se o caso particular de Moçambique. Este capítulo encontra-se dividido nos seguintes seis subcapítulos:

- Caracterização do País;
- Clima em Moçambique;

- Condições de Conforto Térmico;
- Principais Recursos Naturais em Moçambique;
- Recursos Naturais Aplicáveis à Construção;
- Estado da Construção em Moçambique.

O quinto capítulo (*Proposta de um Modelo Habitacional para o Meio Rural*) tem como missão apresentar um caso prático. Apresenta-se a título exemplificativo uma proposta de um modelo habitacional para o espaço rural moçambicano. Esta proposta foi justificada através de simulações das necessidades energéticas da habitação em causa. Para tal foi utilizado o programa de *software Ecotect*. Este encontra-se dividido nos seguintes subcapítulos:

- Utilizações Correntes no Espaço Rural;
- Caracterização do Modelo;
- Simulação e Avaliação do Modelo, Aplicação do Ecotect.

O capítulo último (*Conclusões*) encerra com as considerações finais da dissertação. São apresentadas as conclusões atingidas e as recomendações para futuras investigações que possam complementar este trabalho.

2. ESTADO DO CONHECIMENTO

2.1. Definição de Arquitetura Tropical

A arquitetura tropical tem sido tradicionalmente considerada como uma arquitetura adaptada ao clima tropical (Tzonis et al., 2001).

Segundo (Tzonis, et al., 2001), a divulgação da arquitetura tropical remonta ao século XIX, quando o britânico transformou o *banggolo* do camponês *bengali* no *bungalow* e difundiu-o para todo o Império Britânico (Figura 2.1).



Figura 2.1 - (a) O “banggolo”; (b) O bungalow adaptado pelos Europeus Fonte: (Tzonis et al., 2001)

Este conceito de arquitetura há muito que foi introduzido na construção de origem portuguesa. Em 1843, foi decretada por Sua Majestade a Rainha D. Maria II, uma portaria (*Portaria de 298 de Março de 1843*) onde se estabeleciam os princípios para a conceção de cidades e a sua arquitetura em território angolano. A mesma era muito esclarecedora quanto a algumas regras urbanas, como são o caso das seguintes (Fonte, 2006):

- “5º que é proibido levantar qualquer edifício cujo sobrado ou pavimento térreo não esteja acima do terreno pelo menos quatro palmos, sendo os muros abertos por um modo que por baixo possa o ar circular livremente;
- 7º que todos os novos edifícios habitáveis sejam espaçosos, bem ventilados e de nunca menos de 16 palmos de pé direito em cada pavimento.”

A forma de adaptação das cidades ao clima tropical, quente e húmido, viria a ser marcante na conceção e arquitetura das novas cidades tropicais. Os princípios da arquitetura tropical transportavam em si fatores de integração, como a ventilação cruzada e a proteção solar (Fonte, 2006).

Nos finais do século XIX e início do século XX, o surgimento da arquitetura tropical desenvolveu-se na disciplina da higiene, ganhado forma através dos manuais de higiene coloniais que continham informação profissional sobre práticas construtivas. Estes manuais eram frequen-

temente acompanhados por exemplos e *design*. A principal preocupação da publicação destes manuais de higiene tropical era proteger o bem-estar do organismo dos europeus perante as condições climáticas tropicais. Segundo (Baweja, 2008): “*Existing histories locate Tropical Architecture as a neo-colonial project that emerged in the 1950s along the networks of the diminishing British Empire*”. Neste seguimento, surge o princípio que originou o conceito de arquitetura tropical, correlacionando-se com a ideia de que a construção em clima tropical deveria se aproximar do clima em questão como forma de proteção do homem ocidental, relativamente às doenças tropicais. Foi neste contexto, que no início da década de 30, os britânicos que exploraram oportunidades de trabalho nas regiões tropicais, alteraram a sua causa de origem higienista para uma causa de origem natural, a arquitetura. Assim, a oferta da arquitetura tropical foi sendo direcionada para os habitantes dos trópicos descolonizados, os nativos, afastando-se dos colonizadores europeus. Desta forma, a arquitetura tropical, passou da necessidade de agradar e proteger os colonizadores em ambiente tropical, para a necessidade de responder às carências do foro fisiológico dos locais, proporcionando um melhor conforto e bem-estar. Com isto, objetivo principal da arquitetura tropical muda assim da sobrevivência do colonizador europeu para o conforto fisiológico colonizado em “casa” (Baweja, 2008).

Nos dias de hoje, é cada vez mais crescente a necessidade de se implementar uma arquitetura sustentável, com consciente e eficaz racionalização de recursos de forma económica e ambiental. É neste ponto que se salienta no princípio do século XX, a consolidação de todo este processo da arquitetura, surgindo pela primeira vez como forma de adaptação às necessidades e especificidades de regiões que ainda não se encontrem desenvolvidas. Neste fio condutor, Portugal assume-se como um interlocutor perfeito, muito devido ao seu passado colonizador, e pelo *know-how* demonstrado pelos seus arquitetos na construção e adaptação de experiências internacionais aplicadas a países tropicais, onde estes processos refletem-se no próprio território e também noutras regiões que no tempo colonial se encontravam sob domínio português (Gomes, 2012).

2.1.1. Arquitetura Vernacular

A definição de “arquitetura vernacular” é comum a todo o tipo de construções onde se empregam materiais e recursos do próprio meio ambiente, apresentando desse modo, um tipo de construção com caráter local ou regional. Possivelmente, este tipo de arquitetura é aquela que melhor se enquadra nos princípios da sustentabilidade, e a que melhor diferencia diferentes regiões, uma vez que transmite expressões e linguagens culturais próprias de cada região (Gomes, 2012).

O designar da palavra “vernacular” advém do latim “*vernaculus*” que significa nativo, doméstico, indígena. Quando associada a edifícios, esta definição significa “a ciência nativa dos edifícios” (Mabaleka, 2010). É também caracterizada por ser uma arquitetura espontânea, sem

projeto e sem intervenção de técnicos ou mão-de-obra especializada, baseando-se apenas na filosofia da autoconstrução (Pereira, 2009). A arquitetura vernacular é um dos mais marcantes aspectos de intervenção do ser humano na paisagem, onde na sua pluralidade de tipos se manifestam condicionalismos geográficos, económicos, sociais, históricos e culturais. Este tipo de construção é um produto imediato da relação do homem com o meio natural evolvente, integrando a necessidade básica de um abrigo para a primeira e da procura de harmonia com o segundo (Oliveira & Galhano, 1991).

Esse tipo de arquitetura teve significativa influência nas práticas arquitetónicas ao longo da história da humanidade. Le Corbusier foi um dos arquitetos que procurou inspiração neste tipo de arquitetura, acreditando que esta representava a perfeita harmonia entre as necessidades humanas e o meio ambiente (Oliver, 1997).

Segundo Oliver (2006), a arquitetura vernacular compreende as construções feitas pelas pessoas de acordo com os seus contextos ambientais e as suas fontes de recursos disponíveis.

Este tipo de construção impõe uma multiplicidade de condicionalismos dependendo do tipo de região onde se insere, sejam eles geográficos, económicos, geológicos ou culturais. Dos condicionalismos referentes a cada região, resultam técnicas construtivas ímpares e díspares entre si. No entanto, todas apresentam a mesma particularidade, ambas resultam do aperfeiçoamento e evolução ao longo de gerações. Ao longo dessa evolução, foram sendo desenvolvidas várias estratégias pragmáticas de adaptação ao meio envolvente aliadas a uma profunda racionalização dos recursos disponíveis no meio ambiente. O bem-estar das comunidades resultava assim de um profundo equilíbrio com o meio envolvente (Fernandes et al., 2012).

As práticas impulsionadas pela arquitetura vernacular, partem do princípio de que todos os materiais que constituem um edifício sustentável são de natureza renovável e com grande facilidade de aquisição no meio ambiente. Contudo, é necessário ter em conta que a extração excessiva e desregrada de recursos no meio ambiente poderá ter um impacto ambiental bastante negativo, sendo importante impor algumas medidas para controlar as suas consequências. Por exemplo, é necessário evitar o uso de madeiras que usem elevadas quantidades de fertilizantes, e que possam destruir ou alterar ambientes ecológicos. Também se deverá controlar o uso de madeiras que sejam alvo de elevado abate causando naturalmente um impacto negativo no meio ambiente (Torgal & Jalali 2010).

Num passado mais recente, assistiu-se ao abandono destas técnicas arquitetónicas e à perda e desprezo do conhecimento a si inerente. Este afastamento foi impulsionado por conotações pejorativas que as relacionam com o subdesenvolvimento, quer ao nível dos materiais empregues como também do seu modo de habitar. Com a industrialização assistiu-se em vários países à homogeneização das técnicas construtivas impulsionando a propagação de uma arquitetura universal, independente do meio onde se insere e predadora de recursos (Fernandes et al., 2012).

Atualmente, em muitos dos países mais desenvolvidos, procura-se combater esta realidade através do uso de energias mais limpas, edifícios mais ecológicos e energeticamente mais eficientes. Torna-se portanto pertinente voltar a estudar as construções vernaculares com o intuito de utilizar e adaptar algumas das suas estratégias nos contextos atuais da construção. O conhecimento imanente nestas construções surge assim associado à consciência da necessidade de uma construção sustentável, que procura a redução dos consumos energéticos, apenas atingível através da utilização de materiais locais e técnicas tradicionais, projetados na necessidade de adaptação a um determinado território e clima específico (Fernandes et al. 2012).

São muitos os países de clima tropical, independentemente da sua dimensão, profusos no número de exemplos deste tipo de construções (Mabaleka, 2010). Dada a grande variedade de etnias, culturas, climas, materiais naturais e até mesmo de geografias específicas existentes na região tropical, torna-se impossível estudar cada tipo de solução construtiva em particular existente. Outro dos fatores que condiciona este estudo predem-se também com a precariedade de elementos disponíveis. Mesmo assim, na presente dissertação procurar-se-á abordar as construções que de certa forma, melhor caracterizam a arquitetura vernacular nos diversos continentes de clima tropical.

2.1.2. Construção Sustentável

A necessidade de construções mais sustentáveis tenta propor o funcionamento eficiente das cidades e edifícios, traduzindo em economia, respeito social e ambiental. Contudo, é importante referir que não foi na construção civil nem na arquitetura que o termo *sustentabilidade* foi utilizado primeiramente (Torgal & Jalali). Sustentabilidade é uma palavra que deriva do verbo latim “*Sustinere*” que descreve relações que podem ser mantidas por um tempo indefinido (Bay & Ong, 2006).

É devido aos problemas ambientais, económicos e sociais, que a sociedade atual tenta procurar e alcançar a utopia da sustentabilidade plena. Este cenário foi vaticinado por Alvin Toffler em 1980, preconizando a ascensão de uma nova sociedade: “A Terceira Vaga traz consigo um modo genuinamente novo baseado em energias renováveis e diversificadas (...) com inteligência e um mínimo de sorte a civilização emergente pode tornar-se mais sã, sensata e sustentável” (Toffler, 2003).

Há até quem vá mais longe e acredite que a atual sociedade se encontra no início de uma nova revolução, a da Sustentabilidade. Os autores do “*Limits to Growth*” acreditam nesta filosofia, e preveem que seja tão influente e profunda como as antecessoras revoluções Agrícola e Industrial e, tal como estas, que leve séculos a atingir o seu auge (Meadows et al., 1993).

Antes da abordagem direta deste tema, torna-se importante perceber a origem e o significado deste amplo conceito.

Desenvolvimento Sustentável

A construção sustentável, ou a arquitetura sustentável, derivam ambos do conceito de desenvolvimento sustentável. Em 1969, essa necessidade já havia sido considerada num estudo desenvolvido pela *UNESCO*, e neste previa-se que no ano de 2000, a população urbana equilibraria numericamente a população rural em todo o mundo em 15% da área (Amado, 2005). A consciência para esta problemática iniciou-se a partir de diversos acontecimentos. Exemplo disso são os documentos do *Green Building* em 1970, ou em 1973 com choque do petróleo e o início da procura de novos tipos de fontes energéticas (Amado et al., 2009). O conceito de “desenvolvimento sustentável” foi inicialmente divulgado na publicação *World Conservation Strategy*, publicado em 1980 pela *World Conservation Union (IUCN)* (Bay & Ong, 2006). Contudo, a sua utilização alargada, teve maior enfoque nas duas conferências das Nações Unidas em 1987, sobre ambiente e desenvolvimento denominadas de *WCED (World Commission on Environment and Development)*. Nestas conferências foi prematuramente reconhecida a necessidade de se adotarem novas estratégias de desenvolvimento, não só a nível local, como também a nível global. Dessas mesmas conferências, resultou a apresentação do Relatório de *Bruntland* onde aparece a definição para desenvolvimento sustentável como: “É a forma de desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade do futuro satisfazer as suas próprias necessidades” (*WCDE – World Commission on Environment and Development*) (Amado, 2005).

As preocupações com o desenvolvimento sustentável nasceram antes do Relatório de *Bruntland*. A publicação do livro “*A Primavera Silenciosa*” na década de 60 alertava prematuramente para os efeitos perniciosos da utilização de pesticidas (Torgal & Jalali, 2010).

Num passado recente, com a realização da Conferência de Quioto em 1997 (*UNFCCC - United Nations Framework Convention on Climate Change*), constitui-se um tratado internacional com compromissos mais rígidos na redução da emissão dos gases que agravam o efeito estufa. Este protocolo representava o mais conhecido instrumento na mitigação das alterações climáticas, onde os países signatários assumiram o compromisso de em conjunto reduzirem até 2012 as suas emissões de gases responsáveis pelo aumento do efeito de estufa (GEE) em 5,2%, relativamente ao nível de emissões no ano base de 1990. Neste contexto, a Comunidade Europeia estabeleceu um objetivo ainda mais ambicioso para os seus membros, o de reduzir as suas emissões de GEE em 8%. Para alcançar esse objetivo, cada país recebeu diferentes metas individuais em função do seu nível de desenvolvimento económico (Torgal & Jalali, 2010).

Em 2007 a publicação do 4º Relatório do IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) comprova que as alterações climáticas não são apenas uma teoria e que as mesmas se devem à emissão de gases responsáveis pelo efeito de estufa. Posteriormente foi realizada a recente Conferência de Copenhaga ocorrida em Dezembro de 2009. No entanto esta foi tida como um fracasso, dada a impossibilidade de obtenção de um acordo alargado que tivesse consequências

significativas para a redução das emissões de carbono. Neste sentido diferentes países propuseram-se a cumprir diferentes metas (Torgal & Jalali, 2010).

Na Tabela 2.1 são apresentados os acontecimentos mais significativos no âmbito do desenvolvimento sustentável

Tabela 2.1 - Cronologia dos acontecimentos mais significativos no âmbito do desenvolvimento sustentável (Torgal & Jalali, 2010)

Ano	Facto
1962	Publicação do livro “ <i>A Primavera Silenciosa</i> ” da autoria da biologista Rachel Carson.
1972	Apresentação do Relatório “ <i>Os Limites do Crescimento</i> ” pelo Clube de Roma
	Realização da Conferência da ONU sobre o Ambiente Humano em Estocolmo que origina a criação do Programa da ONU para o Meio Ambiente -UNEP
1979	Realização da Convenção de Berna sobre a protecção dos Habitats
	Realização da Convenção de Genebra sobre a poluição do ar
1980	A IUCN em conjunto com a ONU, a WWF e a UNESCO apresentam um documento estratégico sobre a conservação da natureza
	Apresentação do relatório Global 2000
1983	Protocolo da ONU sobre a Qualidade do ar (Helsínquia)
	Comissão das Nações Unidas sobre ambiente e desenvolvimento
1987	Protocolo de Montreal sobre as substâncias que contribuem para a redução da camada de Ozono
	Apresentação do Relatório Bruntland onde aparece definido a expressão “desenvolvimento sustentável”
1990	Relatório da União Europeia sobre Ambiente Urbano
1992	Realização da Cimeira do Rio
1997	Realização da Conferência de Quioto sobre aquecimento global
2007	O IPCC publica o 4º relatório de progresso
	Al Gore protagoniza o filme “ <i>Uma Verdade Inconveniente</i> ”
	O IPCC e Al Gore recebem o prémio Nobel da Paz
2009	Realização da conferência de Copenhaga sobre alterações climáticas.

Atualmente são várias as definições e de variados autores para a definição deste amplo conceito. Miguel Amado (2005), por exemplo, defende que “o desenvolvimento sustentável é atingível e é operacional com recurso à utilização de um novo processo de planeamento territorial, no qual deverá ser garantida a promoção da integração e inter-relacionamento de modo justo entre as três componentes de sustentabilidade.” (Amado, 2005)

Construção Sustentável

Em 1994, Charles Kibert definiu, no contexto do Conselho Internacional da Construção – CIB, o conceito de construção sustentável como “a criação e manutenção responsáveis de um ambiente construído saudável, baseado na utilização eficiente de recursos e no projeto baseado em princípios ecológicos” (Torgal & Jalali, 2010; Kibert, 2008)

Ainda em 1994, o CIB também definiu os sete Princípios para a Construção Sustentável que se apresentam na Tabela 2.2.

Tabela 2.2 - Os Princípios da Construção Sustentável (Kibert, 2008)

1	Redução do consumo de recursos
2	Reutilização de recursos
3	Utilização de recursos recicláveis
4	Proteção da natureza
5	Eliminação de tóxicos
6	Aplicação de análises de ciclo de vida em termos económicos
7	Ênfase na qualidade

A importância da cadeia produtiva da indústria da construção é indiscutível para o desenvolvimento económico e social de um país. Esta indústria gera inúmeros empregos, impostos, rendas e torna viáveis as mais diversas infraestruturas, estradas, moradias e tudo que daí advém. A indústria da construção representa 7,5% do emprego na economia europeia. Com uma faturação anual que ronda os 750 milhões de euros, este sector representa 25% de toda a produção industrial europeia, sendo o maior exportador mundial com 52% do mercado (Torgal & Jalali, 2010).

Também é do conhecimento comum que este setor é um consumidor assíduo de diversos recursos naturais e energéticos, e também um dos maiores geradores de resíduos. O setor da construção é atualmente o setor económico que mais recursos consome e a grande maioria desses recursos apresentam elevadíssimo grau de insustentabilidade. Em termos ambientais, a indústria da construção é atualmente responsável por 30% das emissões de carbono. No que respeita ao parque edificado, este consome 42% da energia produzida. Além disso, esta indústria a nível mundial consome mais matérias-primas que qualquer outro tipo de atividade económica, o que evidencia um sector claramente insustentável. Estas realidades, cada vez mais, têm impulsionado para uma tomada de consciência no sentido de se adotarem algumas práticas e processos produtivos que visam a sustentabilidade (Torgal & Jalali, 2010). Foi a partir do conceito de construção sustentável atrás enunciado por Charles Kibert (1994) no contexto do Conselho Internacional da Construção – CIB que a expressão “construção sustentável” teve um crescimento exponencial em artigos

publicados em revistas científicas internacionais referenciadas na base de dados *Scopus-Elsevier* (Torgal & Jalali, 2010).

Conforme ilustra a Figura 2.2, a expressão “construção sustentável” começou a ser difundida com mais notoriedade a partir de 1994 e tem apresentado um crescimento exponencial progressivo nos últimos anos. Estes factos comprovam que tem sido efetuados diversos estudos na procura de soluções construtivas mais sustentáveis.

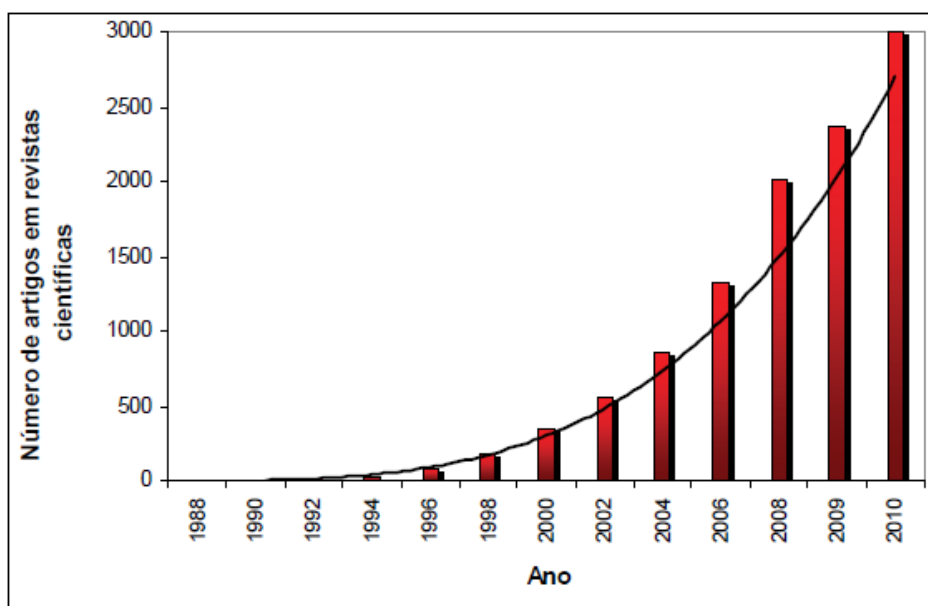


Figura 2.2 – Evolução do número de artigos em revistas internacionais contendo as palavras “construção sustentável” no título, no resumo e nas palavras-chaves (Torgal & Jalali, 2010)

No ano de 1994 foram publicados em revistas científicas, 17 artigos diretamente relacionados com essa área, referenciados na base de dados *Scopus/Elsevier*. Dois anos depois esse número subiu para 172 artigos. No ano de 2009, foram publicados quase 2400 artigos relacionados com a construção sustentável e em Junho de 2010 esse número já tinha sido ultrapassado. Este facto é também elucidativo de uma outra realidade, o da inovação científica como um fator competitivo diferenciador para o sucesso empresarial (Torgal & Jalali, 2010).

Nos últimos anos têm sido também desenvolvidas diversas ferramentas informáticas que analisam e fazem uma avaliação da sustentabilidade do parque edificado. Muitas dessas avaliações passam pela análise do ciclo de vida de uma construção e servem a título de exemplo as seguintes: *Eco-Quantum* ; *Legep*; *Equer*; *Athena*; *Ogip*; *Eco-Soft*; entre outras. Noutros casos estas avaliações podem passar pela *análise da sustentabilidade* de edifícios através de outras ferramentas já desenvolvidas como: *Building Research and Consultancy’s Environmental Assessment Method-BREEAM* (Reino Unido,1990); o *Leadership in Energy & Environment –LEED* (EUA,1998); a *GBTool* (Canadá, 1995) que mudou a designação para *SBTool*; e a *Deutsches*

Gütesiegel Nachhaltiges Bauen – DGNB (Alemanha, 2009). A nível internacional, as duas primeiras, *BREEAM* e a *LEED*, são as mais utilizadas. Em Portugal, o sistema de avaliação utilizado desde 2005 é o *LíderA*, ferramenta esta inspirada no sistema *LEED*. Mais recentemente apareceu a *SBTool^{PT}* que é uma adaptação da *SBTool* desenvolvida no Canadá. Também recentemente (Mateus, 2009) foi desenvolvido um sistema com a designação *MARSSC* (Metodologia de Avaliação Relativa da Sustentabilidade de Soluções Construtivas) que permite classificar a sustentabilidade de um edifício segundo uma escala qualitativa decrescente (A+, A, B, C, D, E), segundo 9 indicadores referentes a três categorias: ambiental, social e económica (Torgal & Jalali, 2010).

Este tipo de indústria encontra-se em constante evolução com um crescimento exponencial em vários países, com o objetivo de serem corrigidas as limitações dos seus sistemas e para que se desenvolva uma metodologia consensual que sirva de referência e suporte na conceção de edifícios sustentáveis. O projeto dos edifícios e da forma urbana, e dos seus respetivos sistemas de controlo ambiental só atingem o verdadeiro valor de sustentabilidade quando asseguram os padrões de eficiência e conforto necessários à vida humana. Para que estes objetivos sejam conseguidos, é necessário que os edifícios sejam concebidos em função do clima onde se inserem, e das condições particulares de cada local (Guedes et al., 2011).

A Sustentabilidade dos Materiais de Construção

Como já foi referido, a construção sustentável advém do conceito de desenvolvimento sustentável e isto significa que as construções sustentáveis devem ser planeadas, projetadas, executadas e utilizadas tendo em conta várias premissas, entre as quais a escolha correta dos materiais de construção. Para que os edifícios se tornem mais sustentáveis do ponto de vista energético, o papel dos materiais torna-se também bastante relevante. A escolha dos materiais ambientalmente corretos, certificados e de baixas emissões de CO₂ é um dos importantes fatores a ter em conta durante a fase de projeto, assim como a escolha de materiais com menor geração de resíduos durante a fase de obra é outra das importantes considerações (Torgal & Jalali, 2010).

“Materiais sustentáveis são materiais e produtos construtivos saudáveis, duráveis, eficientes em relação ao consumo de recursos e fabricados de forma a minimizar o impacto ambiental e maximizar a reciclagem” (Brian Edwards, 2004; Amado, 2002).

Se toda a população mundial tivesse os mesmos padrões de consumo dos países mais desenvolvidos, a escassez de recursos seria mais evidente e atingiria outra magnitude. No entanto, pensa-se que o verdadeiro problema ambiental associado aos materiais de construção encontra-se mais relacionado com os impactos ambientais provocados pela sua extração, do que pela sua possibilidade de esgotamento (Meadows et al., 1993).

No ano 2000, a atividade extrativa mineira mundial gerou 6000 milhões de toneladas de resíduos minerais, para apenas 900 milhões de matérias-primas. Isto significa um aproveitamento médio de apenas 0,15%, dando o restante, origem a grandes quantidades de resíduos. A deposição

destes constitui naturalmente um perigoso risco ambiental em termos da preservação da biodiversidade, assim como de perigo de contaminação de linhas de água e os próprios solos, pondo em risco a salubridade pública (Whitmore, 2006).

Já há alguns anos, que os exemplos têm sido muitos e devastadores. As consequências relacionadas com esta atividade são imensas, por exemplo, desde a década de 70 ocorreram 30 acidentes ambientais graves em minas, tendo 5 ocorrido na Europa (Whitmore, 2006).

Em Julho de 1985, por exemplo, na tragédia que aconteceu no vale de *Stava* em Itália, romperam-se dois aterros de contenção de lamas de minas e teve como consequência uma torrente de materiais finos e areias arrasou 68 edifícios e matou 268 pessoas (Alexander, 1986).

Em Abril de 1998, em Espanha, rompeu-se um dos aterros de contenção do depósito de lamas tóxicas da Mina de *Aznalcollar*, e como consequência quase 5 milhões de toneladas de lamas tóxicas foram libertadas no rio Agrio (afluente do rio Guadiana) numa extensão de 40km contaminando assim 2650 hectares do Parque Nacional de *Donana*, Património Mundial (Grimalt & Macpherson, 1999).

Para além da necessidade de se minimizar a extração de matérias-primas não renováveis, por várias razões, existem muitas outras questões que têm de ser equacionadas no contexto da sustentabilidade dos materiais. Deve-se sempre privilegiar a escolha de materiais não tóxicos, recicláveis, com baixa energia incorporada, que possam ser reaproveitados os seus resíduos noutras indústrias, que sejam oriundos de fontes renováveis, duráveis, que estejam associados a baixas emissões de GEE (Gases do Efeito de Estufa) e cuja escolha seja feita mediante uma análise do seu ciclo de vida (Torgal & Jalali, 2010).

2.2. Clima Tropical

Na ciência da atmosfera é feita uma distinção entre clima e tempo. Por tempo, entende-se o estado médio da atmosfera numa dada porção de tempo e em determinado local. Por sua vez, o clima, é a síntese do tempo num certo lugar durante um período aproximadamente de 30-35 anos (Ayoade, 1996). Os climas definem-se pelas condições atmosféricas que se repetem ano após ano em certas regiões caracterizados por fenómenos naturais como a radiação solar, pluviosidade, entre outros (Oliver, 1997). As soluções construtivas destinadas à habitação são projetadas para proteger os ocupantes das condições climáticas como a chuva, calor, frio ou humidade. O Clima influencia diretamente a forma de conceção de qualquer solução construtiva, seja ela um edifício ou malha urbana a que este pertence. Cada clima tem as suas características próprias, devendo por isso cada tipo de construção respeitar as necessidades de cada local específico. Do ponto de vista da sustentabilidade, é importante referir que tanto os recursos naturais, assim como a durabilidade dos materiais usados na construção, são também eles condicionados pelo próprio clima (Gomes, 2012).

2.2.1. Definição de Clima Tropical

Na presente dissertação será abordado apenas as soluções construtivas em clima tropical. A designação de Clima tropical é dada aos climas das regiões intertropicais que são caracterizados por serem megatérmicos, isto é, com temperatura média do ar durante o ano superior a 18 °C, não terem estação invernal e com precipitação anual superior à evapotranspiração potencial anual. Estes climas são também caracterizados pela ausência de estação fria e por uma considerável amplitude térmica diária (Ayoade, 1996).

O clima tropical é um clima quente que abrange a região próxima aos trópicos de Câncer e de Capricórnio. Na Figura 2.3 é apresentado um mapa com os tipos de clima tropical e respectivas zonas.

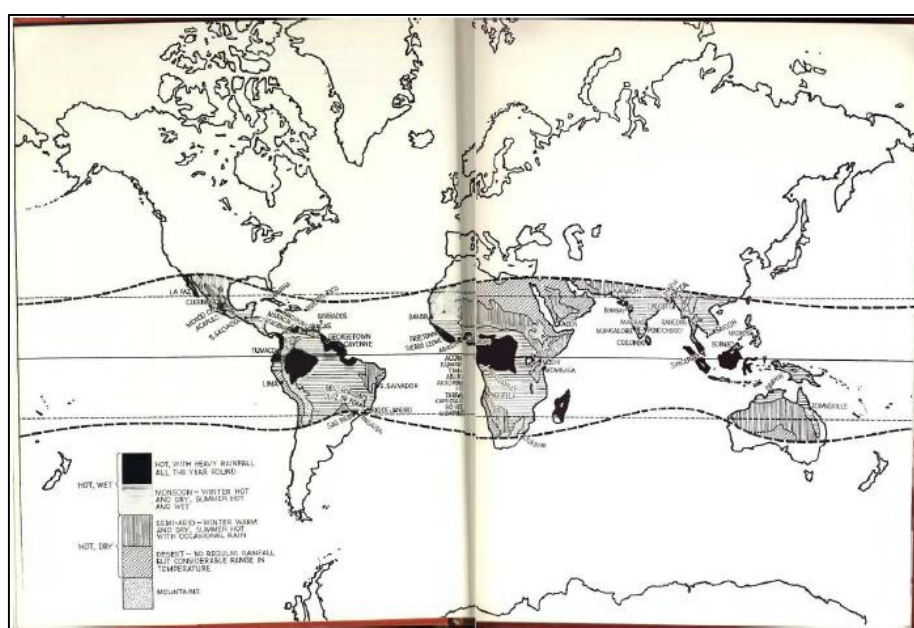


Figura 2.3 – Mapa com os tipos de clima tropical e respectivas zonas (Fry & Drew, 1964; Gourgel, 2012)

Podemos dividir o clima tropical em dois tipos diferentes: o clima tropical húmido e o tropical seco. Estes climas podem ainda apresentar variações distintas, consoante a região, altitude, proximidade do mar, e por conseguinte ter as seguintes denominações, e características, conforme se apresenta de seguida (Clark, 1993):

Os climas tropicais húmidos:

- Ocorrem numa faixa a aproximadamente 15° do equador
- Variação sazonal muito pequena
- Temperatura de bolbo seco máxima entre 27 e 32 °C
- Temperatura mínima noturna varia entre 21 e 27 °C
- Humidade Relativa Alta (aprox. 75%) mas pode variar entre 55 e 100%

- Céu bastante nublado durante todo o ano
- Velocidades do vento geralmente baixas

Climas de ilha quente e húmida:

- Diferem do anterior na medida em que a temperatura mínima noturna pode ser inferior
- As concentrações de Humidade variam mais
- Céu Limpo mais limpo que o anterior
- Radiação solar mais forte e direta
- Ventos frequentemente constantes a 6-7 m/s
- Risco de ventos ciclónicos patente

Climas quentes e desérticos

- Ocorrem em duas faixas entre os 15 e 30 ° N/S
- Há duas estações (quente e fria)
- Temperatura de bolbo Seco máxima é entre 43 a 49 °C na estação quente e 27 a 32 °C na fria
- Temperatura mínima noturna varia entre 24 a 30 °C na estação quente e 10 a 18 °C na fria
- A humidade relativa varia de 10% a 55%
- Precipitação suave e variável
- Possibilidade de ocorrência de tempestades, contudo também é possível ter períodos de seca durante vários anos
- Radiação solar muito forte
- Ventos usualmente turbulentos e locais

Climas desérticos marítimos:

- Diferem principalmente do anterior na medida em que as temperaturas de bolbo seco são usualmente menores, mas a humidade tende a manter-se alta, devido a evaporação do mar
- Climas são bastantes desconfortáveis

Climas compostos ou de monção:

- Ocorrem geralmente em grandes massas de terra localizadas próximas dos trópicos de Capricórnio e de Câncer
- Em dois terços do ano, aproximadamente, são quentes/secos, e no restante é quente/húmido
- Nas localidades acima do norte e sul podem ter um terço da época de frio/seco
- A temperatura média varia na estação quente se seca entre 32 a 43 °C, na quente e húmida 27 a 32 °C enquanto na fria até 27 °C

- A Temperatura máxima noturna na estação quente se seca entre 21 a 27 °C, na quente e húmida 24 a 27 °C enquanto na fria entre 4 a 10 °C.
- Humidade Relativa varia entre 20 a 55% em épocas secas e 55% a 95% durante a húmida
- Chuvas prolongadas e intensas
- Precipitação anual pode variar entre 500 a 1300 mm, com pouca ou nenhuma chuva na altura da época seca
- As condições do céu variam com as estações podendo ser bastante nublado (durante as monções) limpo e azul (tempo seco)
- Ventos quentes e poeirentos na estação quente e estáveis e húmidos na de monção.

Climas Tropicais Planálticos:

- Localizam-se a cerca de 900 a 1200 m acima do nível do mar;
- As temperaturas de bolbo seco máxima e mínimo variam com a altitude, e o espetro varia com a distância ao equador;
- A humidade relativa pode variar entre 45 a 99%;
- Quando o céu está limpo a radiação solar é mais forte do que ao nível do mar;
- Parte da radiação solar pode resultar em nevoeiro à noite.

2.2.2. Condições de Conforto Térmico

De modo geral, o conforto térmico é descrito como um estado de bem-estar de um ser humano em relação à temperatura ambiente (Almeida, 2012). A temperatura de conforto considerada como ideal para o verão é em torno de 22°C, com temperaturas máximas de 26°C (Guedes et al., 2011). As variáveis ambientais que influenciam o conforto térmico são: a temperatura do ar, a temperatura radiante, a humidade relativa e a velocidade do ar. Por exemplo, um aumento de humidade relativa pode diminuir ou inibir a perda de calor por transpiração, nesse caso o vento pode facilitar a retirada de humidade do ar em torno da pele. Além das variáveis ambientais, a atividade física e a vestimenta também influenciam a sensação de conforto térmico (Corbella & Yannas, 2009).

É no interior dos edifícios que as pessoas passam mais de 80% do tempo das suas vidas, pelo que, estes devem oferecer condições adequadas de conforto e de qualidade do ar interior (Nascimento & Gonçalves, 2005)

Segundo (Henriques, 2011) não existem formas exatas de prever de prever condições de conforto universalmente válidas, dada a complexidade inerente à estimativa das condições que são variáveis de pessoa para pessoa, e suscetíveis de variarem também em função das circunstâncias. No entanto, é usual a avaliação e determinação de condições de conforto de um ambiente através da utilização de índices diretos, ou seja, através da utilização de parâmetros termo higro-

métricos. O uso do diagrama psicrométrico, também conhecido como diagrama de conforto ASHRAE, o qual permite entradas para valores de temperatura corrente, humidade relativa e temperatura de bolbo húmido, é um dos métodos utilizados para a definição de zonas de conforto de uma determinada localidade. As normas convencionais, como a ASHRAE, apresentam no diagrama psicrométrico uma zona limitada de temperatura teoricamente “ideal”.

A temperatura de conforto considerada como ideal para o verão é em torno de 22°C, com temperaturas máximas de 26°C (Guedes et al., 2011). Nos climas quentes, e há diversos estudos que comprovam esta teoria, as pessoas que vivem nesses climas estão confortáveis com temperaturas mais quentes do que as pessoas que vivem em climas mais frios. Consequentemente, esse fato inviabiliza a adoção de um único padrão de conforto térmico válido em todo o mundo e traz um grande debate sobre a verificação de critérios de conforto térmico convencionais (Guedes et al., 2011).

Fisicamente o conforto térmico pode ser medido pela temperatura do bolbo seco (°C) e a humidade relativa. Conforme referido anteriormente, o domínio desta ferramenta de auxílio na análise do estado de conforto térmico é o diagrama psicrométrico. É muito utilizado para comparar diferentes estados do ar com diferentes temperaturas e humidades absolutas, a partir das quais é possível obter as humidades relativas para os estados em questão. Givoni (1969), baseado em pesquisas, definiu no diagrama psicrométrico as zonas de influência das várias técnicas de arrefecimento passivo. De forma a perceber-se melhor o que poderá significar o nível de conforto de um edifício, apresenta-se na Figura 2.4, o diagrama psicrométrico referente à cidade de Maputo (Moçambique). As zonas definidas nos gráfico, segundo Givoni (1969), correspondem a:

- 1- Zona convencional de conforto de verão da ASHRAE (contorno amarelo)
- 2- Zona de influência da ventilação diurna (contorno azul claro)
- 3- Zona de influência da ventilação noturna (contorno azul)
- 4- Zona de influência da inércia térmica (contorno cor de rosa)
- 5- Zona de influência do arrefecimento evaporativo (contorno verde)
- 6- Zona de aquecimento passivo (contorno cor de laranja)
- 7- Zona onde o ar condicionado é necessário (restante)

As manchas a azul-escuro representam as características climáticas (temperatura de bolbo seco e húmido, humidade relativa e pressão de vapor de água). Apenas períodos correspondentes aos que se localizam na zona 7 do diagrama psicrométrico é que necessitam de sistemas mecânicos, como ventoinhas ou ar condicionado. Tomando o diagrama psicrométrico correspondente a cidade de Maputo (clima tropical), é possível verificar que, com recurso a métodos passivos de arrefecimento e controlo dos ganhos térmicos, consegue-se atingir o conforto térmico sem recurso a meios mecânicos. A principal estratégia de arrefecimento que deve ser utilizada em edifícios em

Maputo é a ventilação diurna. Na estação seca, a ventilação noturna e a inércia térmica também são mais eficazes para o arrefecimento (Guedes et al., 2011).

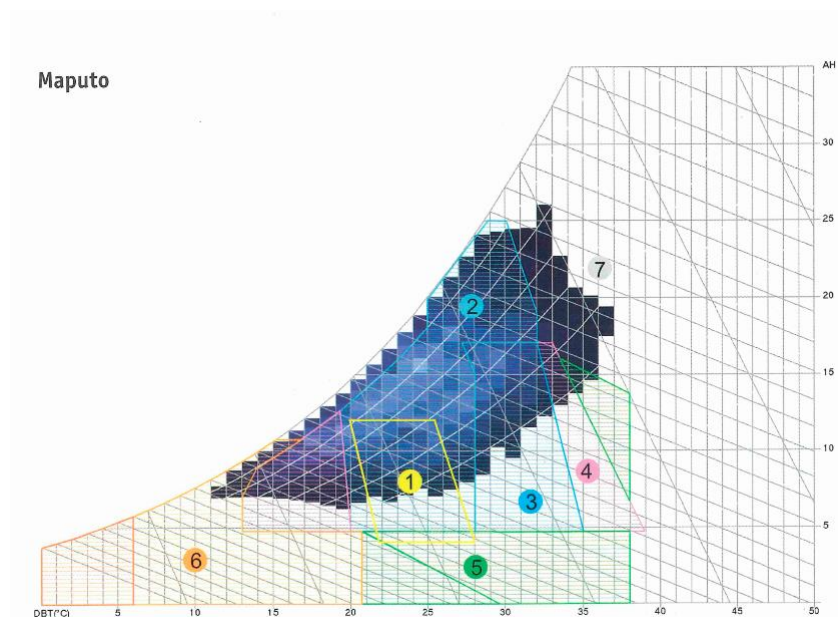


Figura 2.4 - Diagrama psicrométrica referente à cidade de Maputo (Guedes et al., 2011)

2.3. Soluções Construtivas na Região Tropical

Neste capítulo, pretende-se apresentar a evolução das soluções construtivas em diversas regiões tropicais, passando pela arquitetura vernacular, colonial e até à arquitetura atual.

A grande maioria dos países de clima tropical foram habitados por povos ancestrais, os quais foram os grandes responsáveis pela difusão da arquitetura vernacular. Posteriormente e num passado mais recente, a grande maioria destes países foram colonizados por países maioritariamente de origem Europeia e Norte-Americana que levaram também eles o conhecimento de novos métodos construtivos (Gomes, 2012).

Com o intuito de se definirem as melhores estratégias e técnicas sustentáveis para as atuais soluções construtivas, a recolha de informação sobre as construções tradicionais apresenta-se como o trajeto ideal para esse fim. Neste sentido, serão analisadas algumas das técnicas de construção que foram postas em prática durante vários anos, tornando-se adequadas ao clima da região geográfica a que se propunham.

2.3.1. África

Em África os aglomerados são geralmente numerosos e com animais (Guedes et al., 2011). O território apresenta zonas muito degradadas e bastante pobres. A maioria da população africana vive nas zonas rurais e periféricas de difícil acesso a infraestruturas básicas e com péssimas

mas condições de saneamento. Os principais problemas, são também eles bastante comuns à maioria dos países tropicais e devem-se sobretudo a (Gomes, 2012):

- Condições climáticas específicas;
- Problemas de urbanismo;
- Más escolhas nas soluções construtivas adotadas;
- Carências habitacionais;
- Falta de infraestruturas básicas;
- Condições de saneamento escassas;
- Falta de manutenção e degradação dos edifícios;

As cidades africanas apresentam uma nítida falta de identidade, e as construções são na sua maioria realizadas de forma espontânea e livre sem qualquer tipo de licenciamento, sem planeamento e sem mão-de-obra qualificada. A falta de infraestruturas urbanas, a degradação de vários edifícios coloniais, das vias de comunicação, e a limitada produção e fornecimento de energia acentuam ainda mais esta problemática. É também possível encontrar em África, principalmente nas zonas rurais, variadíssimos exemplares de soluções construtivas de raiz vernacular. Como foi anteriormente estudado, este tipo de construção tradicional emprega materiais e recursos locais do próprio meio ambiente que primam pela simplicidade nos métodos construtivos praticados. Também serão abordados as soluções construtivas mais contemporâneas, assim como algumas soluções utilizadas na arquitetura colonial no caso dos países que no passado foram colonizados. Resumidamente, é possível apresentar e caracterizar três tipos de soluções construtivas mais habituais, as quais são apresentadas na Tabela 2.3 (Guedes et al., 2011).

Tabela 2.3 - Classificação das construções (Guedes et al., 2011).

Construção consolidada em espaço urbano	Engloba todo o edificado com carácter não provisório, podendo encontrar edifícios de vários períodos históricos até a atualidade. Varia de região para região de acordo com o desenvolvimento económico, político e administrativo. Depende da existência de políticas adequadas de planeamento urbano e da salvaguarda e recuperação do património. Nas grandes cidades é visível a necessidade de reabilitação de edifícios em mal estado de conservação. Fora dos centros urbanos há carência de habitação para os pobres, enquanto no centro urbano há um crescimento da construção, principalmente em altura.
Construção não consolidada em espaço urbano	Engloba as construções onde vive grande parte da população africana, em áreas suburbanas, com carência de infraestruturas e apoios básicos. Normalmente é baseado na autoconstrução, sem qualquer projeto. Materiais: Tijolo (adobe, cimento ou cerâmico), pedra e ainda outros materiais reaproveitados. Coberturas geralmente em chapas metálicas simplesmente colocadas sobre as paredes. A dimensão dos vãos é mínima e por vezes sem portas ou janelas.

Construção Tradicional	Caracterizado por variedade étnica, possuindo cada grupo traços socioculturais particulares e diferentes entre si. No entanto os materiais e soluções construtivas não diferem muito dentro de uma mesma região, uma vez que são encontrados nas próprias regiões: paus, caniços, colmo, madeira, adobe, pedra, entre outros. Maioritariamente localizadas no espaço rural.
-------------------------------	---

Norte de África

A região norte deste continente encontra-se dividida em clima mediterrânico a Norte e desértico a Sul. Serão abordados para o caso de estudo, a Líbia e Marrocos como exemplos de países com diferentes soluções construtivas adaptadas à região Norte do continente Africano.

Líbia

No caso da Líbia, o sul do país apresenta clima quente e seco com uma grande amplitude térmica diária, o que leva a que se utilizem nas construções materiais com elevada inércia térmica, com o objetivo de manter a temperatura no interior dos edifícios mais fresca durante o dia e mais quente durante a noite fria (Mabaleka, 2010).

Muitos dos edifícios são construídos utilizando a terra em toda a sua composição. Este material de elevada inércia térmica resulta naturalmente num melhor conforto térmico no interior das habitações. É característico nesta região de clima seco os edifícios apresentarem também chaminés para evacuar o ar quente que se vai acumulando no interior dos edifícios. Estas janelas e aberturas são normalmente de pequenas dimensões, de forma evitar a entrada direta de calor nos dias quentes (Mabaleka, 2010).

Na Figura 2.5 são apresentados alguns desses exemplos onde é possível identificar algumas das características mencionadas.



Figura 2.5 - Edifícios construídos em terra na Líbia (Mabaleka, 2010)

Muitos dos edifícios característicos destas zonas, apresentam também outras aberturas para ventilação natural. Estas aberturas localizam-se preferencialmente nas zonas mais altas das

paredes, com o objetivo de receber um ar exterior mais limpo. Normalmente o ar de cotas mais baixas transportam poeiras indesejáveis para as habitações e por isso as aberturas nas zonas mais baixas são evitadas (Mabaleka, 2010).

Marrocos

Outra das características das soluções construtivas mais utilizadas no Norte de África passa pela utilização de adobe ou pedra, pois como foi mencionado anteriormente, tratam-se de materiais com elevada inércia térmica e portanto adequados a climas com grandes amplitudes térmicas diárias. A utilização destes materiais também é justificado com o facto de os mesmos serem também abundantes no território (Gomes, 2012).

Marrocos está situado no extremo noroeste do continente africano. Um país de múltiplos atractivos, no que respeita a este tipo de soluções em particular. Estas construções apresentam também pequenas janelas de modo a evitar ao máximo a penetração da radiação solar, que é muita intensa nas regiões de clima quente e seco. No que respeita à organização espacial dos edifícios destas regiões, é muito comum em cidades históricas, os mesmos encontrarem-se muito próximos uns dos outros. Estas escolhas devem-se ao facto de um edifício, desta forma, ser capaz de proporcionar sombra a outro edifício vizinho (Lächelt, 2004).

Na Figura 2.6 é possível identificar algumas das particularidades descritas anteriormente.

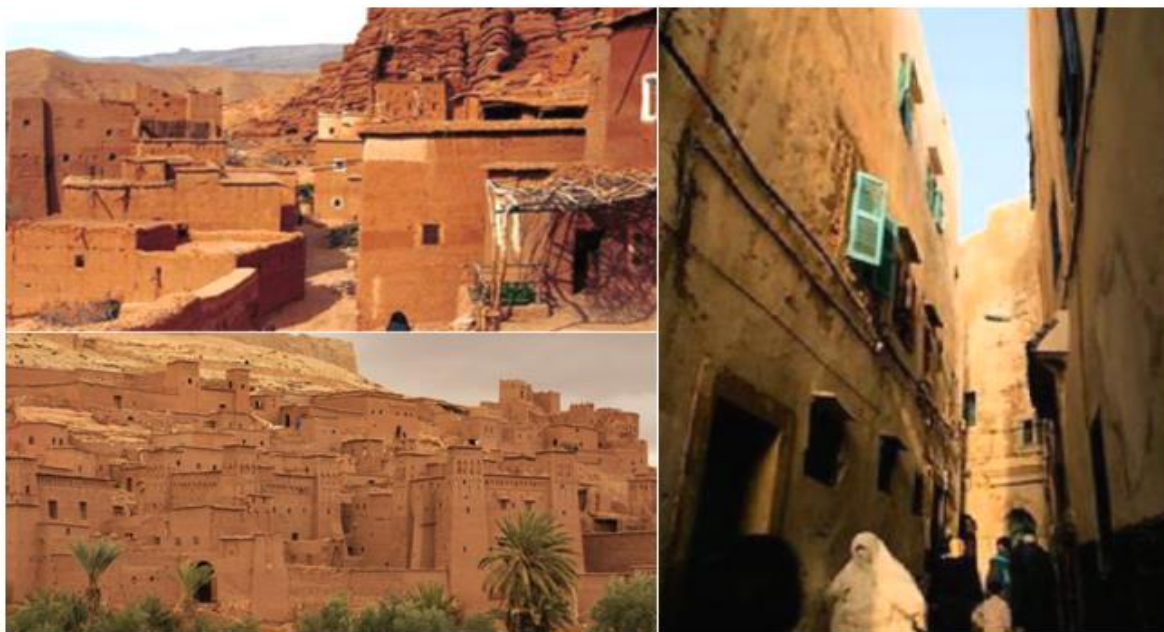


Figura 2.6 - Construção em Marrocos (Cremonesi et al., 2012)

É comum encontrarem-se edifícios com um ou mais pisos assim dispostos. Muitos destes edifícios apresentam construção em altura elevada. Edifícios altos, para além de serem capazes de abrigar mais pessoas, proporcionam maior sombreamento nas ruas e em edifícios (Lächelt, 2004).

Africa Ocidental

A África Ocidental é uma região no oeste da África, que inclui os países na costa oriental do Oceano Atlântico e alguns que partilham a parte ocidental do deserto do Saara. São inúmeros os países que são normalmente considerados parte desta região e como tal torna-se bastante complexo o estudo de todos. Neste contexto, para o caso de estudo será abordado um país de colonização portuguesa, Cabo Verde.

Cabo Verde

O arquipélago de Cabo Verde situa-se em pleno Oceano Atlântico, entre a linha do Equador e o Trópico de Câncer. Este arquipélago integra uma vasta zona de climas áridos e semiáridos que abrange toda a África ao sul do Saara, apresentando maioritariamente um tipo de clima tropical quente e seco. Esta região apresenta quase todos os dias céu limpo com forte insolação. A proteção contra o excesso de ganhos solares torna-se essencial em todas as soluções construtivas (Inocêncio, 2012).

No caso particular deste país é possível distinguir-se no seu património três tipos de arquitetura (Inocêncio, 2012):

- Arquitetura vernacular: Paredes constituídas por pedra vulcânica, com paredes de alvenaria de pedra de junta seca. A cobertura é normalmente inclinada (de duas águas), revestida de colmo;
- Arquitetura colonial: Utiliza nas paredes pedra (muitas vezes calcário) e também tijolos importados e argamassa (argila e areia). A cobertura é normalmente de telhas cerâmicas, ou madeira ou fibrocimento nos últimos anos;
- Arquitetura contemporânea: Edifícios de betão armado com elementos estruturais, paredes de blocos de cimento e cobertura de betão armado ou telha cerâmica. Dentro desta arquitetura contemporânea pode-se distinguir: moradias unifamiliares e moradias multifamiliares.

Arquitetura Vernacular

Em Cabo Verde na maioria das zonas rurais e em algumas zonas da periferia urbana e arredores, é comum encontrarem-se exemplos de construções de arquitetura vernacular. No entanto, muitos dos exemplos já apresentam algumas modificações relativamente ao aspeto original. As soluções construtivas destes exemplares são muito características e particulares em Cabo Verde. As paredes são construídas com pedra basáltica de junta seca e apresentam uma espessura de aproximadamente 40 cm. Geralmente, as paredes interiores são rebocadas e caiadas, enquanto a fachada é caída de branco diretamente sobre as pedras aparentes. As portas e as janelas têm apro-

ximadamente as seguintes dimensões: 2 x 0,7 m² e 1 x 0,6 m² respetivamente. Ambas são construídas com lintéis de madeira. Este tipo de habitação costuma apresentar na sua forma mais usual, dimensões de 7 x 3 m² ou 9 x 4 m², e normalmente são divididas em dois compartimentos. Um destes compartimentos é destinado para os pais que, também serve para arrumos de roupas e de objetos valiosos. O outro compartimento é uma sala comum, de visitas, de refeições e também ser de dormitório para os filhos. As atividades domésticas, como a lavagem de roupa, cozinhar, os banhos desenvolve-se na sua maioria no exterior, com ou sem quintal. O facto de uma habitação possuir ou não quintal está relacionado com a disponibilidade financeira dos mesmos (Inocêncio, 2012).

Na Figura 2.7 é possível observar algumas das características mencionadas comuns a estas habitações.



Figura 2.7 – Habitações vernaculares em Cabo Verde (Guedes et al., 2011)



Figura 2.8 Cobertura de uma habitação vernacular em Cidade Velha (Guedes et al., 2011)

Em relação à cobertura, como foi referido, a grande maioria destas construções tradicionais, apresenta coberturas inclinadas com duas águas. Conforme ilustra a Figura 2.8, a sua estrutura é geralmente composta pelos habituais elementos (linha, asnas e tirantes), apresentando ripados

com cerca de 20cm de espessura. Sobre esta estrutura é colocado colmo, que funciona como um bom isolante térmico, face à intensa radiação solar (Barros, 2008).

Mais tarde, e num passado mais recente, as casas populares que foram construídas na época colonial (localizadas nas periferia urbana e arredores), foram sofrendo alterações no que respeita ao revestimento utilizado na cobertura. A cana sacarina e folhas carrapato (o colmo) foram sendo substituídas pelas telhas cerâmicas ou de fibrocimento. Atualmente, muitas destas casas foram ampliadas e foram introduzidos novos compartimentos no exterior das mesmas, maioritariamente no quintal. Na construção destes compartimentos anexados no exterior, utilizavam-se preferencialmente blocos de cimento (Inocêncio, 2012).

Algumas destas alterações nas casas populares podem ser identificadas na Figura 2.9.



Figura 2.9 - Casas vernaculares com cobertura de telha cerâmica, Cidade Velha (Inocêncio, 2012)

Arquitetura Colonial

Cabo Verde, como país de colonização portuguesa, apresenta uma forte herança das tendências provenientes do traçado das cidades portuguesas, podendo ser observados dois tipos. Neste contexto pode ser observado um traçado relativamente irregular, típico das regiões mediterrânicas com espaços de circulação labirínticos e com adaptações à topografia, e um outro mais regular e rígido no seu traçado (Barros, 2008).

As principais soluções construtivos nos edifícios públicos e nas casas de homens de posse passavam pela utilização de tijolos importados e de pedras, e utilizavam argamassas de cal e areia como ligantes. As construções apresentavam normalmente um pé-direito elevado, com varandas superiores salientes. As janelas eram normalmente grandes e com palas por cima dos vãos que demonstram também uma evidente preocupação na proteção contra o calor assim como pela promoção da ventilação no interior dos mesmos (Lopes, 2001).

As coberturas eram maioritariamente compostas por telhas de cerâmicas ou madeiras importadas. Até finais do século XX, as construções pouco evoluíram em Cabo Verde (Barros, 2008).

Arquitetura Contemporânea

Na arquitetura contemporânea os edifícios são de betão armado com elementos estruturais, paredes de blocos de cimento e cobertura de betão armado ou telha cerâmica. Dentro desta arquitetura contemporânea pode-se distinguir moradias unifamiliares e moradias multifamiliares, no entanto, o estudo na presente dissertação incide principalmente nas do tipo unifamiliares. Atualmente as moradias unifamiliares são mais comuns em bairros clandestinos e em meio rural, geralmente, o modelo de construção não prevê qualquer método de cálculo que não seja o do empirismo (Inocêncio, 2012).

Conforme ilustra a Figura 2.10, são habitualmente casas de piso térreo com cobertura plana, que muitas vezes é aproveitada para guardar materiais, ferramentas e outros materiais. As paredes são de alvenaria simples de blocos de cimento assentes sobre muros de fundação em pedra. A utilização de argamassa de cimento e areia no seu revestimento depende do poder económico das famílias (Inocêncio, 2012). Os blocos de cimento são muitas vezes de pouca qualidade, podendo ser fabricados de forma artesanal junto ao próprio edifício a construir, ou mesmo que fabricados industrialmente podem não ter grande controlo de qualidade (Lopes, 2001).



Figura 2.10 – Bairro urbano em Cabo Verde. (Inocêncio, 2012)

Por sua vez, nos bairros mais nobres é normal a construção de moradias duplex, com zonas de dormir e varandas ou terraços no andar superior conforme ilustra a Figura 2.11. Nestas construções as paredes são feitas de blocos de cimento assentes sobre muros de fundação e travadas por meio de pilares, lintéis e lajes de betão armado. No que respeita à fundação, esta é nor-

malmente executada sobre enrocamento, sobre o qual se lança uma camada de betão armado (massame). Há predominância de lajes maciças em betão armado nas coberturas (Inocêncio, 2012).



Figura 2.11 - Moradias unifamiliares em bairro nobre, cidade da Praia (Inocêncio, 2012)

África Austral

A África Austral é a parte sul de África, banhada na sua costa oriental pelo Oceano Índico e pelo Oceano Atlântico na costa ocidental. Também pode ser denominada de África Meridional ou Sul de África. Normalmente considera-se a África Austral formada pelos seguintes países: Angola; África do Sul; Botswana; Lesoto; Moçambique; Madagáscar; Malawi; Maurícia; Namíbia; Suazilândia; Zâmbia; Zimbabwe (Site: wikipedia).

Para o caso de estudo da presente dissertação, apenas serão abordados os países pertencentes às ex-colónias portuguesas, Angola e Moçambique.

Moçambique

No caso particular deste país, no Capítulo 4 da presente dissertação serão abordados outros aspetos principalmente relacionados com soluções construtivas do meio rural.

Moçambique apresenta um clima tropical quente na generalidade, com uma série de variações regionais, em virtude de fatores locais como a altitude, latitude ou proximidade ao litoral. A região norte está submetida à influência das baixas pressões equatoriais enquanto o sul é afetado por anticiclones tropicais e pela existência de correntes quentes do canal de Moçambique (Guedes et al., 2011).

Neste país, à semelhança de Cabo Verde, é também possível distinguir-se no seu património três tipos de arquitetura que se apresentam seguidamente.

Arquitetura Vernacular

As raízes da arquitetura vernacular encontram-se ainda hoje bem visíveis em Moçambique, sobretudo nas zonas rurais. Neste tipo de arquitetura tradicional os materiais maciços mais comuns na envolvente das habitações são: o tijolo de adobe, a taipa e a pedra. O colmo é material mais comum nas coberturas. Neste tipo de habitação, é de notar a evidente preocupação em proporcionar sombreamento nas fachadas, por meio de prolongamento da cobertura e, se possível, por meio de aproveitamento das sombras fornecidas pelas árvores. As coberturas de quatro águas são as tradicionalmente mais usadas. É também muito comum neste tipo de construção vernacular, a quase ausência de janelas em fachadas e a ventilação é conseguida por folgas, na maior parte das vezes entre a parede e a cobertura. A geometria das plantas apresenta usualmente forma retangular (Guedes et al., 2011)

Na Figura 2.12 é apresentado um exemplo atual que caracteriza este tipo de construção.



Figura 2.12 - Habitação vernacular tradicional no meio rural

Construção Colonial

É no final do século XIX e início do século XX que se dá à construção e concentração de edificações nos núcleos urbanos mais importantes principalmente na zona central do país, vindo-se a alargar às zonas implementadas pela construção das linhas de caminho-de-ferro primárias. Este foi um período marcante para a definição do território moçambicano, onde se verificou o início de processo de urbanização, e a continua colonização, dando início ao desbravamento e reconhecimento territorial, estabelecendo-se a dominação militar e a consequente estruturação administrativa, dando origem um novo começo. São muitos os exemplares que restam deste período colonial, embora alguns se encontrem bastante degradados (Site: www.hpip.org).

Na Beira, por exemplo, é possível encontrar bons exemplos da construção do tempo colonial. Esta cidade, considerada a segunda maior cidade de Moçambique, apesar de toda a sua imponência nos anos cinquenta e sessenta, é atualmente uma cidade degradada e abandonada. Nas construções mais imponentes do tempo colonial, encontramos uma das maiores obras de sempre,

a do caminho-de-ferro. A monumental estação de caminho-de-ferro parece ser hoje o único elemento que preserva a memória da importância da cidade. Inaugurada em 1965, a Estação foi a maior obra pública realizada nesta cidade, respondendo à necessidade de construir uma importante infraestrutura para facilitar o movimento existente de passageiros e mercadorias do denominado “corredor da Beira”, que constituía a ligação do interior de África, nomeadamente a Rodésia (atual Zimbabwe), ao porto da Beira. Hoje, apesar de conservada, a Estação está deserta. Esta obra é dos grandes exemplos de boas práticas deixada pela arquitetura portuguesa. Note-se que o bloco de escritórios, da autoria do Arquiteto Paulo Melo Sampaio, é formado por um grande paralelepípedo totalmente protegido por *brises-soleil* e elevado sobre pilotis com oito pisos de altura. Do ponto de vista da arquitetura, através da estrutura aparente, cada piso simula “caixas” sobrepostas, criando longas aberturas na transição entre os pisos. Os dispositivos de proteção solar (*brises-soleil*) são feitos de fibrocimento e ocós, e predominam na fachada mais exposta ao sol. Estes são giratórios num eixo vertical e respondem eficazmente à intensidade do clima (Magalhães, 2012).



Figura 2.13 - Construção colonial, Estação de Caminho-de-Ferro, Beira

O prolongamento das coberturas como forma de proteção solar das fachadas era uma das técnicas usadas nestas habitações no tempo colonial conforme ilustra a Figura 2.14.



Figura 2.14 – Prolongamento da cobertura nas habitações coloniais

No tipo de construções adotada pelos portugueses em Moçambique existem outros exemplos de boas práticas que serão abordados no Capítulo 4 da presente dissertação.

Construção Contemporânea

Atualmente algumas construções seguem ainda os princípios das construções antigas tradicionais, principalmente no que toca à sua forma. No entanto, a natural evolução tecnológica levou ao emprego de novos materiais. A habitação “informal” em Moçambique era antigamente construída com recurso a materiais naturais. Com o passar dos anos, foi evoluindo para materiais mais duráveis, como a terra, a pedra, a argamassa, o revestimento de cal e a cobertura em telha, folha zincada ou fibrocimento. Atualmente os materiais mais utilizados na construção das habitações passaram a ser o cimento, o tijolo, a madeira e zinco. Este recurso a materiais mais recentes é muitas vezes a causa da redução do conforto e da qualidade interior da habitação (Guedes et al., 2011).

As condições de vida do povo moçambicano continuam em geral a ser bastante precárias. A habitação de uma típica família caracteriza-se por não ter água canalizada, eletricidade, casa de banho e o piso desta é de terra batida. Com o êxodo rural e a procura de melhores condições de vida junto aos grandes centros urbanos, começaram a surgir novos bairros informais nas periferias das cidades também chamados de “bairros de caniço” (Figura 2.15). As unidades habitacionais e suas técnicas e materiais construtivos foram substituídos por novos materiais. O cimento e o tijolo ganharam destaque em relação às habitações de pau e pique maticado, de caniço, de madeira e zinco, e de adobe (IDS 2011).



Figura 2.15 – Bairros de caniço

A crescente evolução de construções ilegais e precárias, como resultado do aumento da pobreza, tem merecido destaque ao longo dos anos, de forma, a que já em 1980, 50% do total da área urbana moçambicana era representada por este tipo de construções (IDS 2011).

A maioria da população vive atualmente em habitações informais, não consolidadas, situadas nas periferias das cidades. As edificações são extremamente precárias, de baixa durabilidade e sem qualidade conforme ilustra a Figura 2.15.

Angola

Angola, país essencialmente de clima tropical quente e húmido, situa-se no centro-sul do continente Africano e apresenta no seu património, três tipos de arquitetura, referentes à construção tradicional, colonial e contemporânea. O seu território é limitado a norte e a nordeste pela Republica Democrática do Congo, a leste pela Zâmbia e a sul pela Namíbia. A oeste este país encontra-se limitado pelo Oceano Atlântico.

Os exemplares encontrados neste país são bastantes semelhantes aos anteriormente estudados no caso moçambicano, por isso, a abordagem a este país será mais curta que as anteriores. A abordagem deste tema incidirá principalmente sobre a cidade de Luanda.

Arquitetura Vernacular

À semelhança do que acontece em Moçambique e Cabo-Verde, as construções tradicionais são maioritariamente visíveis nas zonas rurais. No que respeita aos materiais mais utilizados neste tipo de arquitetura destacam-se: o colmo, paus, caniços, madeira, adobe e pedra. Estes materiais encontram-se com abundância no território angolano e são os materiais empregues na arquitetura vernacular existente principalmente no centro-sul africano (Gourgel, 2012).

Na Figura 2.16 é apresentado um modelo de uma habitação vernacular em Angola, onde podem facilmente ser observadas as características descritas anteriormente.



Figura 2.16 – Arquitetura vernacular em Angola (Guedes et al., 2011)

Construção Colonial

Em Angola, no caso da cidade de Luanda, com a chegada dos colonizadores portugueses a malha urbana incidiu principalmente ao longo da baía da cidade. As habitações na cidade baixa localizavam-se junta a praia e tinha maioritariamente uma função mista de residência e comércio. Na parte alta da cidade as habitações pertenciam a pessoas com mais posses e tinham maioritariamente a função única de residência. A chegada dos colonizadores portugueses e de outros povos trouxe também a vinda de novos materiais. No início, antes da chegada dos colonizadores portugueses e de outros povos europeus, as construções eram feitas com materiais locais, como adobe e palha mas depois foram substituídas por materiais mais duráveis oriundos de regiões distantes, como tijolos cerâmicos, ou cimento (Gomes, 2012).

Construção Contemporânea

Atualmente, Luanda é uma cidade bastante densa e sobrelotada. A maioria da população nas áreas urbanas vive em habitações informais, não consolidadas, situadas nas periferias. As edificações são extremamente precárias, de baixa durabilidade e sem qualidade. Estas áreas suburbanas são também caracterizadas pela carência de infraestruturas de apoio básico. Este tipo de urbanização desregrada e informal forma nestas zonas autênticos focos de insegurança social. As habitações são caracteristicamente feitas pelos próprios habitantes, ou seja, de autoconstrução, sem qualquer tipo de projeto. Os materiais mais comuns são o adobe, materiais cerâmicos como tijolo e telhas, cimento, pedras, chapas de zinco e outros materiais muitas vezes reutilizados e sem funcionalidade adequada. Muitas destas habitações não possuem nem portas nem janelas e as divisórias são poucas e de pequena dimensão (Gomes, 2012).

2.3.2. Ásia e Oceânia

A Ásia é o maior dos continentes, tanto em área como em população. Abrange um terço das partes sólidas da superfície da Terra e é responsável por abrigar quase três quintos da população mundial. Nesta região o clima predominante é tropical húmido, e é composta por várias ilhas e por florestas tropicais exuberantes.

São muitos os exemplos da arquitetura tradicional que podem ainda ser encontrados no meio rural, na medida em que apenas 20% da população do Vietname e da Tailândia vive nas cidades. Dada a imensa variedade de etnias e construções, serão citados principalmente soluções relacionadas com a construção na Indonésia, visto que a mesma apresenta bons exemplos e uma vasta área de intervenção. Nesta análise apenas serão abordados os aspetos mais comuns, pois dentro da Indonésia, existem mais de 300 etnias (Wangsadinata & Djajasudarma, 1995).

As soluções construtivas tradicionais aproveitam a grande abundância de espécies vegetais que existem na região. A arquitetura usada é bastante leve, de forma que se necessário pode

ser desmontada e reconstruída num outro lugar. As paredes, não sendo estruturais, são normalmente constituídas por materiais mais leves como madeira, bambu e colmo. Estas edificações são normalmente sobrelevadas do solo, com coberturas altas e bastante inclinadas (Oliver, 1997). Estas características podem ser observadas na Figura 2.17.



Figura 2.17 - Construção vernacular no sudeste asiático (Oliver, 1997)

A grande maioria das construções vernaculares do sudeste asiático são concebidas por uma estrutura que recebe as cargas, no entanto há relatos de paredes preenchidas com pedra ou terra que recebem cargas (Oliver, 1997).

É também habitual neste tipo de construção, o uso de varandas e terraços. Utiliza-se na sua constituição materiais leves e nota-se em quase todos os exemplos uma evidente preocupação com a ventilação, mesmo que por vezes sem existência de janelas. As paredes são também geralmente pintadas com cores fortes e ornamentadas. As construções são sobrelevadas do solo com estrutura de madeira. No revestimento das mesmas é utilizada madeira ou bambu com função não estrutural. O sistema estrutural leva toda a carga diretamente para as fundações. Nas coberturas é comum o uso de colmo (Gomes, 2012).

No que respeita ao sistema estrutural em madeira, como referido, este direciona toda carga para as fundações. As paredes não têm função estrutural e são usualmente construídas com madeira ou bambu. A palha é tradicionalmente utilizada na cobertura, tendo uma inclinação bastante acentuada para promover o escoamento da água das chuvas. O pavimento tradicional é também em madeira, e as habitações são na sua maioria sobrelevadas do solo, técnica que utilizada com vista à proteção contra as águas pluviais e escoamentos superficiais, promovendo desta forma também uma melhor ventilação (Oliver, 1997).

Outra característica que se pode encontrar é o uso de varandas e terraços nas construções, cujo uso se acredita que fosse destinado a zona de convívio. Desta forma a privacidade interior eram preservadas. As habitações em geral apresentam uma zona fechada a vida privada e uma zona aberta a atividades sociais. No que respeita à durabilidade, estas são capazes de resistir em bom funcionamento durante dezenas de anos (Gomes, 2012).

Indonésia

No caso particular da Indonésia é possível distinguir também neste país, três tipos de arquitetura (Prianto et al., 2000):

- Arquitetura vernacular: Paredes em bambu ou madeira, não estruturais, e cobertura de palha;
- Arquitetura colonial: Geralmente uso de materiais cerâmicos: tijolos e telhas;
- Arquitetura contemporânea: Arquitetura e sistemas construtivos de estilo contemporâneo, forte adesão ao betão e telhas cerâmicas ou fibrocimento.

Construção Vernacular

As construções vernaculares que caracterizam esta região, à semelhança de outras regiões com o mesmo tipo de clima, possuem na sua generalidade varandas e aberturas para permitir a ventilação, um pé direito variável mas que tem em média com 2,5 metros. No centro da casa este valor é mais alto de forma a permitir um movimento do ar contínuo. A cobertura em estrutura de madeira é também bastante alta e inclinada para promover a ventilação, permitir perdas térmicas nas superfícies e otimizar o escoamento das águas da chuva (Gomes, 2012).

Como é possível observar na Figura 2.18, algumas destas construções utilizam madeira talhada, na construção de porta, paredes e janelas. Estas além da função decorativa tem a função de proporcionar fluxo de ar para o interior das habitações através da malha talhada. Exemplos dessa arquitetura são encontrados principalmente em pequenas vilas e zonas rurais. É também típico em algumas destas construções, que o volume das mesmas seja evidenciado e dado essencialmente pela sua cobertura, quando estas apresentam áreas muito maiores que as paredes. Em algumas tribos, como é o caso das casas da etnia *Batak*, povos do Norte da Sumatra, na Indonésia, eram dispostas uma ao lado da outra com algum espaçamento e próximas de árvores. Na Figura 2.18 b), apresenta-se um exemplo de uma casa da etnia *Batak*, com as características mencionadas. O efeito de sombreamento das árvores e o facto de se localizarem lado a lado, é benéfico para o arrefecimento da habitação. Os telhados por sua vez são bastante altos e geralmente de palha. Desta forma, proporcionam um grande volume interno, o que é favorável para a renovação do ar. No caso das paredes, estas têm poucas aberturas, o que resulta num défice de iluminação natural.

Importa referenciar que essas habitações apenas eram utilizadas para dormir, não necessitando de grande iluminação (Gomes, 2012).

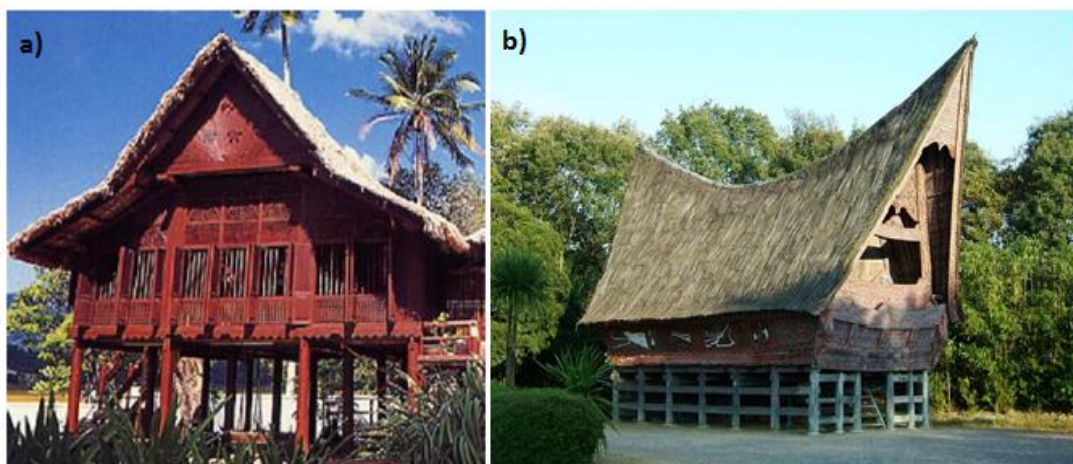


Figura 2.18 - a) Construção tradicional na Indonésia (Gomes, 2012) b) Casa tradicional da Etnia Batak (Fonte: wikipédia)

A Indonésia pertence a uma das regiões mais sísmicas do mundo. As construções modernas na sua maioria, preveem estabilidade e segurança sísmica, mas importa referir que muitas destas construções em madeira também já o previam de forma empírica. Já houve casos em que um sismo danificou casas com estruturas de betão, permanecendo as casas com estrutura em madeira praticamente intactas. Estas habitações quando bem construídas podem durar até mais de 100 anos (Oliver, 1977).

Construção Colonial

A arquitetura colonial neste país apresenta diferentes formas, todas elas relacionadas e influenciadas pelo clima desta região. Os principais exemplos deste tipo de arquitetura são mais facilmente encontrados em centros urbanos. Esta arquitetura já utiliza técnicas e materiais “importados” pelos colonizadores (fundamentalmente Holandeses) que tiveram necessidade de moldar os seus sistemas habituais e de encontrar alternativas para as suas construções. No início construíam as casas na Indonésia da mesma forma que na Holanda. Utilizaram paredes solidas e fechadas, pois pensavam que desta forma poderiam proteger-se de doenças tropicais. Contudo, com o passar do tempo, aperceberam-se que estavam equivocados e aprenderam com as tribos locais que ter uma habitação ventilada nesse clima é muito mais saudável (Gomes, 2012). Foi desta forma que começaram a surgir adaptações às construções, como a introdução de varandas, pórticos, grandes janelas e aberturas para ventilação (Wangsadinata & Djajasudarma, 1995)

As paredes são construídas em tijolos, e utiliza-se a telha nas coberturas. Estas são muito inclinadas para favorecer o escoamento da água das chuvas e bem altas com vista a favorecer a

ventilação natural. Uma outra técnica utilizada neste tipo de arquitetura passa pelo sombreamento das fachadas que contornam os edifícios, funcionando como isolamento de calor. É normal encontrar-se também janelas de grandes dimensões, que ajudam na ventilação natural. Genericamente as habitações têm 1 ou 2 pisos e um pé direito de 3,5 metros (Gomes, 2012).

Contemporânea

Na construção contemporânea as soluções construtivas, na sua generalidade, passam por edifícios com pé direitos mais baixos, normalmente 2 metros, com menos aberturas para ventilação e é bem notório a preferência por o uso de materiais mais sólidos. Todos esses fatores são responsáveis pelo uso excessivo de sistemas de arrefecimento artificial em quase todas as habitações. A Indonésia, é um dos países onde se fabricam atualmente materiais de construção de última geração, como é o caso de painéis de betão pré-fabricados, materiais esses que passaram a ser imprescindíveis na construção moderna internacional. Estas tendências internacionais integraram-se nas construções da Indonésia, após 1945, data da sua independência (Wangsadinata & Djajasudarma, 1995).

Médio Oriente

O Médio Oriente é um território que se estende desde o leste do Mediterrâneo até ao golfo Pérsico. É uma região geograficamente pequena, com uma área aproximada de 7 200 000 km². Nesta região conhecida como Oriente Médio, o clima predominante é o desértico e seco, ainda que apresente algumas faixas com climas mediterrâneo, temperado continental e de montanha. A vegetação acompanha os tipos climáticos, destacando-se a vegetação mediterrânea e os bosques nas regiões temperadas e de montanha.

As construções e sua arquitetura variam, consoante se esteja no interior ou próximo da costa. As mais próximas da costa são mais abertas, de forma a permitir uma melhor circulação do ar. A construção no Médio Oriente é na maioria constituída por materiais maciços de elevada inércia térmica (Oliver, 1997).

Atualmente em todo o Médio Oriente várias casas tradicionais estão a ser alvo de demolições, para dar espaço a modernos arranha-céus de betão, de aço e vidro, como é o caso da moderna cidade do Dubai, nos Emirados Árabes Unidos, que tem influenciado outras cidades, como Beirute no Líbano, a seguirem o mesmo caminho (Gomes, 2012).

Na presente dissertação, abordaremos no caso de estudo dois países que pertencem ao médio oriente e as suas práticas construtivas. O Iémen, e o Irão.

Iémen

O Iémen é um país árabe que ocupa a extremidade sudoeste da Península da Arábia. Além do território continental, o Iémen inclui também algumas ilhas situadas ao largo do Corno de

África, das quais a maior é Socotorá. Na generalidade o clima é tropical, apresentando temperaturas altas, sobretudo em Tihmah, onde as precipitações são abundantes, e na parte oriental. O sul é montanhoso e seco, com falta de rios perenes, sendo dois terços do território desérticos ou semi-desérticos. O Iêmen é um país Árabe de notável conhecimento e tradição nas técnicas para o uso de terra crua na construção de cidades complexas, inclusive com prédios feitos inteirinhos de adobe. O país apresenta um rico património construído com técnicas de construção muito singulares. A grande maioria destas consistem em altas estruturas de terra sobre pedra, algumas delas com mais de 8 pisos. Algumas torres e edifícios com mais de 300 anos continuam ainda hoje em utilização. Como anteriormente referido, a aproximação entre os edifícios também é favorável, uma vez que proporcionam maior sombreamento das fachadas. As ruas são também bastante irregulares, e desta forma, permitem criar correntes de ar fresco e proteção durante tempestades (Oliver, 1997).

O adobe é o principal material usado nestas construções que têm em média 6 andares. O espaçamento entre edifícios é muito pequeno, de forma a tirar vantagens do sombreamento (Oliver, 1997). Nas construções tradicionais em pedra e em terra no Iémen, as janelas são normalmente bastante pequenas por forma a evitar a radiação solar direta, a qual é bastante intensa nesta região (Gomes, 2012).

Na Figura 2.19 é possível observar alguns exemplos deste tipo de construções.



Figura 2.19 - Prédios construídos com adobe no Iémen (Steen et al., 2003; Torgal & Jalali, 2010)

Em 1986, a Cidade Velha do Iémen foi reconhecida pela Unesco como património mundial. Com este reconhecimento foi possível que cidade mantivesse o seu traçado e sua forma tradicional ao longo dos anos, e que o mantenha no Futuro. Contudo houve necessidade de algumas adaptações aos modos de vida atuais. Exemplo disso foi a necessidade de se construírem sistemas

de esgotos. Os pisos térreos de edifícios, que em tempos passados serviam para abrigar animais, sofreram também uma adaptação aos tempos modernos, e foram hoje em dia reformados como lojas (Gomes, 2012).

Irão

Na região do Médio Oriente, também são encontradas outro tipo de construções bastantes particulares, como é o caso das construções subterrâneas no Irão. O Irão, anteriormente conhecido como Pérsia, é um país localizado na Ásia Ocidental e faz fronteiras a norte com Arménia, Azerbaijão e Turquemenistão e com o Cazaquistão e a Rússia através do Mar Cáspio; a leste com Afeganistão e Paquistão. A sul faz fronteira com o Golfo Pérsico e o Golfo de Omã, a oeste com o Iraque e a noroeste com a Turquia. São vários os exemplos deste tipo de construções subterrâneas que podem ser encontradas no país. Este tipo de construção traz vantagens nestes climas, uma vez que se tratam de construções com enorme inércia térmica, aproveitando desta forma as temperaturas agradáveis do solo enterrado, e criando ambientes extremamente frescos e confortáveis no interior destes edifícios (Gomes, 2012).

A ventilação destes espaços é conseguida através da construção de torres de ventilação, estratégia que permite a captação do fluxo de ar acima da cobertura, onde a temperatura e as cargas de poeira são menores, conforme ilustra a Figura 2.20. A sua forma cónica favorece a subida do ar quente ao topo, mantendo em baixo o ar mais fresco (Gomes, 2012; Passos, 2009).



Figura 2.20 - Torres para captação de vento no Irão (Passos, 2009)

2.3.3. América

No caso do continente Americano, serão abordados no presente capítulo exemplos construtivos de duas regiões tropicais distintas deste continente, a América Central e América do Sul.

No caso da primeira região o estudo incide sobre as Caraíbas e no caso da América do Sul o estudo será direcionado a um antigo país de colônia portuguesa, o Brasil.

América Central

A América Central é um subcontinente da América limitado a sul pela Colômbia, a norte pela Península de Iucatã no México, a Oeste pelo Oceano Índico e a Leste pelo Oceano Atlântico. A grande maioria dos países da América Central possuem economias pouco desenvolvidas que dependem essencialmente da agricultura, turismo e pequenas indústrias. As Caraíbas constituem uma região da América Central formada pelo Mar do Caribe, suas ilhas e estados insulares.

Caraíbas

O mar das Caraíbas constitui uma região do continente americano formada pelo Mar do Caribe, composto por várias ilhas com clima tropical, com algumas variações consoante a região. Todo o território recebe regularmente radiação solar com céu limpo. Algumas áreas são secas e com pouca precipitação, enquanto outras áreas sofrem com o excesso de humidade (Crain, 1994).

Muitas destas ilhas eram ocupadas por índios antes da invasão dos colonizadores europeus. As suas habitações tentavam responder às condicionantes climáticas usando técnicas simples e passadas entre gerações. A construção tradicional caribenha é bastante variável consoante a região, cultura, tradição e clima em que as habitações e povos se inserem (Crain, 1994).

A Figura 2.21 exemplifica de forma particular uma construção vernacular das Caraíbas, conforme foi descrita anteriormente.



Figura 2.21 - Arquitetura vernacular nas Bahamas (Crain, 1994)

À semelhança de quase todas as construções do tipo tradicionais, estas utilizavam em geral materiais naturais existentes na proximidade dos locais. Utilizavam maioritariamente nas suas construções dois materiais, a madeira e folha de palmeira. O primeiro servia para construir a parte estrutural das habitações e era também utilizado para construção das paredes, enquanto o segundo era usada tradicionalmente para as coberturas. Muitas destas tribos procuravam uma localização próxima do rio ou do mar, de forma a conseguirem um melhor acesso a água e a alimentos. A forma das suas habitações variam, sendo usual formas circulares, hexagonais, ovais e retangulares e normalmente são agrupadas em torno de uma praça central. O uso de materiais leves, de baixa inércia térmica, é favorável para o clima quente e húmido, enquanto a cobertura alta favorece a ventilação natural interior (Crain, 1994).

Depois da chegada dos colonizadores europeus, as cidades foram sendo moldadas às formas e técnicas típicas de cidades barrocas europeias. A construção de praças centrais é um forte exemplo dessa arquitetura. No que respeita aos materiais usados pelos colonizadores, a madeira era o material de construção preferido na arquitetura colonial caribenha. No entanto o uso de tijolos e telhas também era usado em alguns edifícios de maior importância. Atualmente as construções coloniais em madeira, pedra e tijolos foram sendo substituídos pelo uso de materiais modernos. O uso do betão na construção contemporânea é a forma de construção mais vulgar e mais barata nas Caraíbas, à semelhança do que acontece em muitos países europeus. A utilização deste material, também esta contudo muito ligada aos incêndios, furacões e outros desastres naturais que foram destruindo construções anteriores. O cimento, o tijolo e todas as matérias-primas são hoje produzidos na região (Crain, 1994).

América do Sul

A América do Sul possui climas bastante diferentes e como tal possui um vasto registo de soluções adaptadas a diferentes climas e etnias. Para o caso de estudo, serão abordadas principalmente as soluções encontradas no Brasil, visto serem razoavelmente exemplificativas dos tipos de soluções encontradas nestas regiões.

Brasil

O calor e a humidade são os principais são os elementos climáticos que provocam o desconforto nas habitações. As construções indígenas combatem estas problemáticas com o uso de técnicas passivas que passam pelo uso de estruturas leves e permeáveis ao ar, permitindo desta forma a retirada do calor em excesso das habitações assim como da humidade. As habitações construídas pelos povos indígenas são chamadas de “ocas” (Figura 2.22). Estas existem nas suas mais variadas formas, desde retangulares, elípticas ou circulares, e são de uso comum e sem divisórias internas, podendo desta forma abrigar várias pessoas. O seu tamanho varia com a dimensão

das tribos, e encontram-se dispostas de forma a formar o cerco a uma praça central (Claro et al., 2008).

A sua estrutura é geralmente constituída por madeira, e a cobertura é feita com palha ou folhas de palmeira. Esta arquitetura é utilizada apenas por povos indígenas e não influenciou a arquitetura brasileira. Nestas soluções construtivas importa realçar o afastamento espacial que as caracteriza, que é favorável ao clima tropical húmido, favorecendo a movimentação do ar. Estas estão também muitas vezes localizadas nas proximidades de árvores, de forma a beneficiarem o sombreamento e tirar partido do arrefecimento evaporativo. As técnicas construtivas são comuns a quase todas as tribos variando apenas na forma e na adaptação tecnológica que algumas tribos sofreram (Claro et al., 2008).

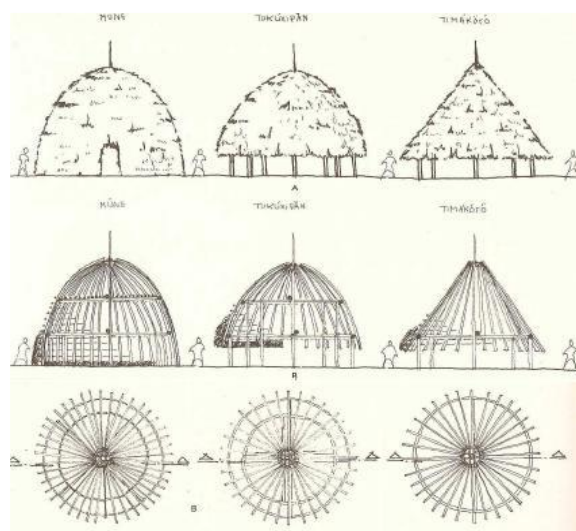


Figura 2.22 - Exemplo deocas (Claro et al., 2008)

Na Amazónia, as habitações vernaculares apresentam estruturas totalmente abertas, garantindo a circulação do ar e a redução da humidade, como resposta ao clima tropical húmido que prevalece (Gomes, 2012).

Na parte meridional da Amazónia, onde o clima é sensivelmente mais seco, as construções evidenciam uma progressiva redução nestas aberturas, para suavizar a temperatura ambiente durante os períodos de maior calor. As construções são também mais compactas, proporcionando melhor proteção contra o frio noturno. No caso das regiões montanhosas o frio noturno também influencia as habitações, e a redução das aberturas. Nos casos extremos podem assumir formas de habitações subterrâneas (Claro et al., 2008).

Conforme ilustra a Figura 2.23, algumas construções mais avantajadas utilizam já técnicas de contraventamento compostas por elementos em madeira em forma de “X”, para dessa forma proporcionarem uma maior resistência aos ventos da estação das chuvas (Claro et al., 2008).

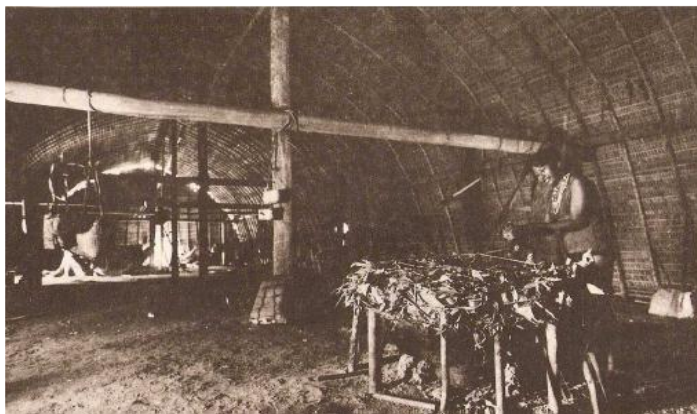


Figura 2.23 – Interior de uma casa indígena do Brasil com contraventamento (Claro et al., 2008)

A construção deste tipo de habitações indígenas não necessita de muito tempo, na sua generalidade uma habitação deste tipo, pode ser conseguida em poucos dias, através de trabalho comunitário realizado de forma artesanal. A duração varia obviamente com a dimensão da mesma, e com o número de pessoas envolvidas na construção.

Resumidamente, as construções mais encontradas em tribos indígenas são (Claro et al., 2008):

- Casas de palha (na sua maioria);
- Casas “mistas” de palha e pau a pique;
- Casas “mistas” ou casas de adobe com cobertura em telha cerâmica ou com cobertura de zinco.

2.4. Recursos da Região Tropical aplicáveis na Construção

A utilização de diferentes tipos de materiais naturais para inúmeras finalidades da construção civil, envolve possíveis problemas dos mais variados tais como: características mecânicas, resistência, produção de finos, reatividade com álcalis do cimento, conteúdo elevado de matéria orgânica, má adesividade a ligantes betuminosos, baixa aderência às argamassas, entre outros.

O emprego dos diversos materiais prevê o conhecimento das características técnicas e económicas disponíveis e a sua caracterização é normalmente obtida por meio de um estudo de amostras representativas, segundo um exame tecnológico em corpos de prova normalizados, para sua correta determinação por meio de ensaios (Patton, 1976).

Segundo Thormark (2006), uma escolha adequada dos materiais de construção pode significar uma redução em 17% na energia gasta na construção do edifício (Thormark, 2006; Gomes, 2012).

Já Gonzalez & Navarro (2006) defendem que é possível reduzir quase 30% as emissões de CO₂ com uma diferente e adequada escolha, evitando a emissão de 38 toneladas de CO₂ (Prianto et al., 2000).

Além da escolha por materiais com elevada durabilidade e mais adequados termicamente a uma certa realidade local, a opção por materiais existentes nas proximidades do local da obra e de baixo impacto ecológico são medidas a ter em conta na construção sustentável. É cada vez mais importante escolher materiais de construção que aumentem a eficiência energética dos edifícios, ao mesmo tempo que diminuem a pressão ambiental e que contribuem para o melhor conforto dos ocupantes. O ciclo de vida dos materiais também é importante, ou seja, é preciso ter em conta as vantagens e desvantagens existentes ao longo de toda a vida útil do material, desde a produção, a manutenção e a sua possível reciclagem ou reutilização (Torgal & Jalali, 2010).

O continente africano em particular apresenta indubitavelmente um acesso facilitado a materiais de construção de natureza orgânica, possuindo recursos que nem todos os continentes possuem. Entre os materiais de natureza sustentável de maior abundância e que têm sido usados ao longo dos anos na construção tradicional, destacam-se: a Terra, a Madeira, a Pedra, a Cal, o Colomo, o Bambu, e o Sisal. Seguidamente serão apresentados alguns dos materiais naturais mais abundantes em Clima Tropical.

2.4.1. O Bambu

O bambu é um recurso natural bastante disponível em países de clima tropical. Uma grande vantagem na cultura deste recurso é a pouca exigência do mesmo em relação ao solo, uma vez que produz bem em quase todos os tipos (Costa, 2012).

O seu crescimento rápido traduz-se num recurso de baixo custo económico em regiões tropicais e subtropicais do mundo. Podendo ocorrer aproximadamente desde 46°N à 47°S de latitude, desde o nível da água do mar até 400 metros de altitude (Claro et al. 2008; Inocêncio 2012).

Diversos trabalhos têm sido desenvolvidos no sentido de justificar a qualidade do bambu como material de construção. As suas propriedades mecânicas dependem da sua idade, espécie e teor de humidade. O bambu atinge a sua resistência mais elevada a partir dos três anos quando atinge a sua maturidade (Costa, 2012).

A Austrália só tem três espécies nativas de bambu, a Rússia apenas uma espécie, enquanto a Índia possui cerca de 113 espécies. Curiosamente a África é um continente relativamente pobre na produção de bambu (Inocêncio, 2012).

As maiores concentrações de espécies de bambu ocorrem em clima tropical nas latitudes equatoriais, conforme ilustra a Figura 2.24.

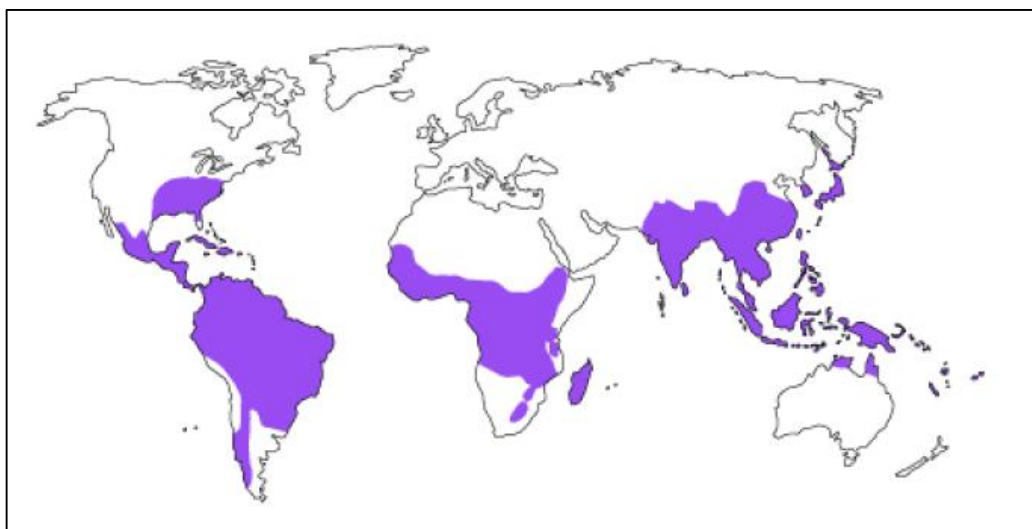


Figura 2.24 - Distribuição de Bambu pelo Mundo (Clark, 2005)

O bambu resiste a temperaturas entre 8,8°C e 36°C, e precipitações extremas entre 100 mm a 700 mm por ano (Inocêncio, 2012).

Os povos asiáticos são especialistas na utilização deste material, dada a tradição milenar com este material. São vários os exemplares onde o material é utilizado. Muitos dos edifícios da arquitetura hindu, como o *Taj Mahal* utilizam bambu na sua estrutura. Devido à sua flexibilidade e resistência à tração, também é utilizado na construção de arcos e abóbadas. Países como Equador, Colômbia e Costa Rica utilizam o bambu nas suas construções há milhares de anos. (Costa, 2012).

Na China, este material foi utilizado na construção dos primeiros pórticos e pontes, conseguindo mesmo vencer vãos superiores a 100m. Em Bangladesh, país com mais de 5 milhões de habitantes, 90% das habitações são feitas de bambu. Este material é também largamente utilizado na construção de móveis, artesanato e pequenas construções (Costa, 2012).

As construções com bambu apresentam também níveis de conforto térmico bastante satisfatórios. Através de alguns estudos comprovou-se que a condutibilidade térmica deste material para uma transmissão de calor radial é 15% menor que a madeira (Ghavami, 2001).

O cultivo de bambu é de simples procedimento mas no entanto requer alguns cuidados. É importante que o seu cultivo seja em zonas de alguma precipitação e durante a época das chuvas, uma vez que a humidade é essencial para o seu desenvolvimento. A extração de canas com fins construtivos deve ser feita na estação seca e com a lua em fase minguante, pois é a altura em que o colmo está com menos teor de água e seiva, sendo assim menos vulnerável a ataques biológicos como fungos (Ambrósio, 2012).

O bambu é um material ecológico e sustentável e atualmente têm sido desenvolvidos trabalhos no âmbito da utilização deste material para diversos fins, como por exemplo, para a construção de lajes de terra com bambu, como é o caso do trabalho realizado por Ambrósio (2012).

No caso particular de Moçambique, na extensa costa de moçambicana podem ser observadas atualmente diversas instâncias turísticas onde são empregues bambus na sua construção (Ambrósio, 2012).

A utilização futura deste tipo material na construção atual torna-se extremamente importante no plano da sustentabilidade e economia energética.

2.4.2. A Madeira

A madeira é um dos inúmeros materiais utilizados na construção civil, com uma grande particularidade que a distingue dos demais - a sua natureza sustentável. Como produto ecológico, natural e proveniente de uma fonte renovável (floresta), a madeira é reconhecida como “amiga” da humanidade devendo ser apresentada à sociedade atual como uma alternativa ecológica. Este material, que desde os primórdios tem sido aplicado pelo homem na construção de pequenas a grandes estruturas, caracteriza-se pela sua proveniência vegetal do lenho de árvores e arbustos, obtendo o homem, grande facilidade na sua aquisição. Por este motivo, a madeira apresentou-se desde sempre como um mecanismo de fácil adaptação às necessidades do homem, tendo sido por isso sempre utilizada pelas grandes civilizações que nos antecedem (Cachim, 2007; Porto et al., 2008).

Nos dias de hoje, a madeira constitui um mecanismo indispensável na construção civil, todavia, em algumas regiões, tem-se observado perda de mercado para materiais como o aço e o betão. Não obstante, a construção em madeira é atualmente uma solução competitiva e de grande fiabilidade, em alternativa a outros mecanismos utilizados na construção tradicional em alvenaria ou aço. Na realidade é superior à maioria dos materiais tradicionais, pela sua resistência ao fogo, comportamento em caso de sismo, rapidez de montagem, beleza natural, e baixo custo de mão-de-obra. Para além das suas características naturais de força, durabilidade, isolamento térmico e acústico, é também o único material de construção limpa e sustentável que absorve carbono da atmosfera, ao contrário do que sucede com os restantes materiais que o libertam (Porto et al., 2008).

A madeira, pelas suas características, é utilizada na construção civil em inúmeras aplicações, temporárias e definitivas. De forma temporária, é usada como cofragem para betão em andaimes e escoramentos. De forma definitiva é utilizada na construção de habitações, coberturas, passagens pedonais e pontes rodoviárias entre outras possíveis aplicações. Em engenharia civil pode ter diversas aplicações, tais como (Zenid et al., 2009):

- Construção civil pesada externa: abarca as peças de madeira serrada usadas para estacas marítimas, trapiches, pontes, postes, cruzetas, estacas, escoras e travessas ferroviárias, estruturas pesadas, torres de observação, vigamentos.
- Construção civil pesada interna: engloba as peças de madeira serrada na forma de vigas, caibros, pranchas e tábuas utilizadas em estruturas de cobertura.
- Construção civil leve externa e leve interna estrutural: reúne as peças de madeira serrada em forma de tábuas empregues em usos temporários (andaimos, escoramento e formas para concreto) e as ripas e caibros utilizadas em partes secundárias de estruturas de cobertura.
- Construção civil leve interna decorativa: abrange as peças de madeira serrada e beneficiada, como forros, painéis, lambris e guarnições, onde a madeira apresenta cor e desenhos considerados decorativos.
- Construção civil leve em esquadrias: abrange as peças de madeira serrada e beneficiada, como portas, venezianas, caixilhos.
- Construção civil de assoalhados domésticos: compreende os diversos tipos de peças de madeira serrada e beneficiada (tábuas corridas, tacos, tacões e parquetes (Porto et al., 2008).

A madeira possui um potencial altamente favorável na construção dos edifícios e pelas análises efetuadas conclui-se que é um dos materiais mais utilizados e mais importantes na prática de soluções construtivas.

2.4.3. Sisal

O sisal é uma planta originária do México. No entanto, o maior produtor mundial desta planta é o Brasil. A fibra desta planta é uma matéria-prima usada principalmente na indústria da cordoaria na produção de cordas, cordéis, tapetes, fios, entre outros (Lopes, 2012).

A fibra do sisal é também utilizada na construção de telhas, placas de revestimento e abobadilhas. As telhas ou outros elementos fabricados com uso de sisal, ou seja, com uma argamassa armada de sisal, para além de serem económicas de fácil fabrico artesanal, são uma boa alternativa às telhas de fibrocimento importadas. Estas telhas importadas possuem amianto na sua composição, uma matéria cancerígena, sendo interdito o seu fabrico (Lopes, 2012).

O sisal é uma planta fibrosa que se encontra em muitas regiões tropicais, principalmente nas mais húmidas. Moçambique, já foi um forte exportador no tempo colonial deste recurso, existindo ainda no território algumas produções deste produto, conforme ilustra a Figura 2.25.



Figura 2.25 – Produção de Sisal em Moçambique

Estas plantas iniciam o seu ciclo de transformação aproximadamente aos 3 anos de idade e podem conter até 250 folhas cada uma. Cada folha pode crescer até 140cm de comprimento, e as fibras que fazem parte da constituição da folha podem por sua vez atingir 90 a 120 cm. Estas fibras representam aproximadamente 5% da massa bruta da planta. As fibras de sisal apresentam propriedades que são condicionadas pela quantidade de celulose que as mesmas contêm e pelo ângulo espiral das microfibras com o eixo da fibra. A parte inferior da fibra é caracterizada por apresentar baixa resistência à tração, sendo a meio da fibra onde estas propriedades são melhores (Lopes, 2012).

Segundo (Yan Li et al., 2000) após várias pesquisas efetuadas a densidade do sisal para fibras com diâmetros entre 50 e 300 μm , pode variar entre 1400 e 1450 kg/m^3 e a tensão resistente entre 9 e 22 MPa (Yan Li et al., 2000; Lopes, 2012).

Mais recentemente, ao longo das últimas décadas, têm sido desenvolvidos alguns estudos relativos à incorporação de fibras naturais como o sisal. Estas fibras apresentam diversas potencialidades como por exemplo a incorporação das mesmas com o objetivo de se reduzir a absorção de água em alguns materiais. Têm também sido desenvolvidos estudos sobre a incorporação deste material em argamassas, com a finalidade melhorar as suas propriedades mecânicas. A incorporação deste material em cimentos e betões também tem sido alvo de pesquisa científica (Lopes, 2012).

A utilização futura material no setor da construção, torna-se extremamente importante no plano da sustentabilidade e economia energética.

2.4.4. O Colmo

Colmo é um tipo de caule encontrado nas gramíneas como: cana-de-açúcar, milho, arroz, bambu. É um tipo de caule em que nós e entrenós são bem visíveis, e podem ser ocos (bambu) ou cheios (cana-de-açúcar). Trata-se de um material natural e disponível amplamente em várias regiões. Após a colheita, a técnica consiste em deixar secar os caules ao sol por um curto espaço de tempo para depois se obter como subproduto a palha (Zhai & Previtali, 2010; Gomes, 2012).

Como foi visto nos subcapítulos anteriores, o colmo é um material tradicional ainda hoje utilizado em várias regiões para cobertura das casas. Quando é devidamente tratado é um material que pode funcionar como bom isolamento térmico para aplicar nas coberturas das habitações. Por exemplo, atualmente a palha (colmo) mais utilizada em Cabo Verde é a de folhas de cana sacarina (cana de açúcar) apresentada na Figura 2.26. O colmo é um material de construção que se afirma com uma durabilidade bastante variável dependendo naturalmente do tipo de fibra utilizado, dos agentes climáticos, da técnica de construção utilizada e das ações de manutenção (Oliver, 1997).

Uma cobertura de colmo poderá durar algumas décadas. Exemplo disso é a durabilidade média apresentada por uma cobertura tradicional com recurso ao colmo de folha de palmeira da ilha de Bali (duração média 30 anos) comparada à durabilidade de construções do Botswana que utiliza práticas tradicionais (duração 5 a 10 nos) (Lächelt, 2004).

Como foi verificado, o colmo é tradicionalmente usado para coberturas, obtendo geralmente bons níveis de isolamento térmico. A utilização deste recurso permite a redução dos ganhos externos de calor para o ambiente interior da construção, permitindo assim, manter uma temperatura agradável no interior dos edifícios. Além disso, o colmo permite que a construção “respire”, isto é, que seja permeável o ar (Afonso, 2012).



Figura 2.26 – Cana-de-açúcar (Fonte: www.hipersuper.pt)

Mais recentemente, têm sido desenvolvidos em vários países estudos relativos à incorporação deste material nas construções atuais. A utilização futura deste tipo de materiais torna-se extremamente importante no plano da sustentabilidade e da economia energética.

2.4.5. A Terra

Desde que o Homem constrói habitações, desde há cerca de dez mil anos, que existem construções em terra cruas. A construção em terra é uma técnica que se encontra entre as mais antigas, tendo sido a terra um dos primeiros materiais a ser utilizado pelo Homem na construção das suas habitações. A terra está ao alcance de todos, sendo inesgotável, fácil de trabalhar e duradouro. No Iémen, como anteriormente visto, existe uma cidade histórica quase toda construída em terra e ainda habitada atualmente, o *Shibam*, cuja sua construção iniciou-se no século III. Na Figura 2.27 é possível verificar a distribuição das construções em terra no Mundo (Torgal & Jalali, 2010).

Por todo o mundo é possível encontrarem-se exemplos de edifícios construídos tendo como matéria-prima base a terra crua. Em muitos países estas técnicas construtivas com recurso à terra continuam atuais; enquanto noutros, essas técnicas têm vindo a ser abandonadas. Noutros ainda, e após a afirmação científica das potencialidades dos edifícios construídos com recurso à terra, reativaram-se e reaprenderam-se algumas técnicas quase perdidas (Rodrigues & Henriques, 2006).

As maiores potencialidades apresentadas pelas paredes exteriores feitas com terra surgem associadas à elevada massa térmica, destacando-se o elevado isolamento sonoro e a grande inércia térmica (Rodrigues & Henriques, 2006).



Figura 2.27 - Distribuição das Construções de terra pelo Mundo (Torgal & Jalali, 2010)

A construção em terra crua apresenta potencialidades face a outro tipo de materiais usualmente utilizados. Entre estas, podem-se destacar (Rodrigues, 2005):

- O elevado conforto térmico, associado à inércia térmica que propicia;
- O bom comportamento acústico, associado à sua massa;
- Economia energética inerente, no que diz respeito ao modo de produção, de transporte e à utilização da construção;
- O tempo de vida útil destas construções, desde que a manutenção seja efetuada;
- O facto de ser uma material reciclável, pois a “terra volta à terra”.

Em termos técnicos e mais científicos, as construções que utilizam este material apresentam propriedades higrotérmicas que contribuem para a regulação do conforto térmico e para a exploração de soluções e mecanismos com funcionamento bioclimático, devido à elevada inércia térmica (Rodrigues, 2005).

Segundo (Torgal & Jalali, 2010), as técnicas de construção em terra podem-se subdividir em três sistemas fundamentais:

- Monolítica (*in situ*);
- Por unidades (alvenaria);
- Por enchimento e revestimento.

Para execução de paredes em terra é fundamental a existência de um solo adequado. Contudo, através de processos de estabilização, um solo que, à partida, não reúna as condições perfeitas para ser utilizado para tal fim, pode tornar-se num solo adequado a determinada técnica (Rodrigues & Henriques, 2006).

Atualmente, podem ser empregues as seguintes técnicas construtivas em terra: taipa, taipa mecanizada, adobe, blocos de terra comprimidos (BTC), tabique e blocos de terra comprimidos estabilizados (BTC'E). De seguida explicar-se-á em que consiste cada uma destas técnicas.

Alvenaria de Adobe

O termo adobe deriva do árabe “*attob*” que tem o significado de tijolo seco ao sol (Rogers & Smalley, 1995; Torgal & Jalali, 2010). O adobe caracteriza-se por ser uma técnica de construção com simplicidade de fabrico e edificação e por isso muitas das construções em terra antigas foram feitas com este material (Torgal & Jalali, 2010).

A alvenaria de adobe resulta de uma alvenaria executada a partir de pequenos blocos (tijolos) de terra enformados e secos ao Sol (da sua aparelhagem) designados por adobes, assentes

com pasta da mesma terra com que se produzem os blocos, podendo também ser realizados com base em cal aérea (Paulina, 2007).

Este tipo de alvenaria pode ser executada com diferentes espessuras, em diversos formatos, em função da geometria pretendida pelos blocos e também pelo modo como são dispostos. Esta técnica construtiva requer o uso de um solo plástico e argiloso. Comparativamente à taipa, esta técnica requer um maior consumo de água. Desta forma, é sobretudo utilizada em locais situados junto a linhas de água. O facto de se tratar de um solo argiloso, quando o adobe seca leva ao aparecimento de fissuras devido à retração do material. Por isso, é costume reforçar o mesmo misturando palha ou fibras vegetais (Torgal & Jalali, 2010).

Na Figura 2.28, apresentam-se duas fotografias do autor, em Moçambique, que exemplificam este tipo de solução tradicional construtiva, praticada ainda atualmente.



Figura 2.28 - Cura de blocos de Adobe

Taipa

A taipa é uma técnica de construção que se encontra disseminada a nível mundial e muitas das construções que utilizam esta técnica fazem parte do património mundial da UNESCO. É uma técnica também designada por “pisé” na França e “taipal” em Espanha. Na taipa, utiliza-se a terra humedecida para a construção de paredes espessas, e este tipo de paredes é construído através de um processo de compactação de uma mistura de agregados selecionados (Torgal & Jalali, 2010).

Trata-se de uma técnica de construção de paredes monolítica, que resulta da compactação de terra entre taipais (cofragem), executada em camadas delgadas até se atingir o limite superior do taipal. Neste processo, é aconselhável que a terra contenha pedras ou outro tipo de agregados grossos. Esta pode também ser estabilizada com cal aérea (em determinada percentagem) dando origem a uma solução denominada “taipa militar”. A largura da parede corresponde à distância entre os painéis do taipal. Cada painel poderá ter de altura cerca de 0,60 m e o comprimento deste

é estimado em cerca de 2m. Entre taipais ao mesmo nível, as juntas podem ser inclinadas ou verticais. No caso de taipais de níveis sucessivos, estas podem ser reforçadas com a colocação de cal aérea, tijolos maciços tradicionais ou colocação de elementos de pedra delgados nas periferias dos taipais (Rodrigues & Henriques, 2006).

Ao contrário do adobe, taipa é um método de construção que necessita de pouca quantidade de água e por essa razão esta técnica é mais frequente onde a água não abunda. No que respeita ao processo de compactação, este, pode ser realizado de forma manual ou através de meios mecânicos. No caso da compactação manual, os instrumentos usados podem ser: pilões, maços ou malhos, todos eles peças em madeira, conforme o ilustrado na Figura 2.29 (Torgal & Jalali, 2010).



Figura 2.29 - Compactação manual tradicional na construção de paredes de taipa (Torgal & Jalali, 2010)

Taipa Mecanizada

Mais recentemente, através de novas tecnologias desenvolveu-se a taipa mecanizada. O processo de construção é idêntico ao tradicional, diferindo no meio de compactação (mecânico) e na qualidade e dimensões da cofragem. Na compactação mecânica são utilizados como instrumentos de auxílio, compactadores pneumáticos, otimizando desta forma o tempo de construção. Quanto às fundações, neste tipo de taipa mecanizada, estas têm sido habitualmente executadas em alvenaria de pedra ou betão armado de forma a evitar a ascensão de humidade por capilaridade (Torgal & Jalali, 2010).

Paredes de Tabique

O Tabique é uma técnica construtiva que resulta do preenchimento de estruturas ligeiras de encastrados de madeira com pasta de terra, dando origem a paredes não portantes com reduzida espessura (Rodrigues & Henriques, 2006).

Esta técnica requer uma elevada incorporação de mão-de-obra. É uma solução que mostra uma grande versatilidade, sendo usada em vários estilos de habitação e na construção de elementos com várias funções como: paredes exteriores, paredes interiores (divisórias), paredes de caixa de escadas e também na definição do contorno de chaminés. As paredes são normalmente formadas por elementos de madeira colocados na posição vertical, horizontal ou inclinada, sendo os espaços vazios preenchidos com terra. (Pires, 2013).

Blocos de Terra Compactada (BTC)

É uma técnica construtiva que surgiu como evolução do adobe por estabilização do solo por meios mecânicos, na qual o solo é confinado num molde e prensado para obter pequenos blocos de terra mais regulares, mais densos e mais resistentes e duráveis do que o adobe. Segundo Barbosa (2002), é recomendado para a mistura que o solo tenha a seguinte constituição: 50-70% de areia; 10-20% de silte; 1-20% de argila. A prensagem da terra pode ser realizada com prensa manual ou mecânica podendo ser realizados vários tipos de blocos, maciços ou perfurados. Na sua fabricação, à semelhança da taipa, deverá ser utilizada terra húmida. Esta técnica é de rápida execução e de fácil montagem (Torgal & Jalali, 2010).

Estes blocos podem ser executados de forma através de prensa manual ou hidráulica. No caso da compactação em prensa manual, atualmente existem diversos tipos de prensas no mercado. Usualmente estas aplicam pressões na ordem dos 2MPa. A compactação manual requer também mais tempo e mão-de-obra, embora tenha a vantagem de ser mais económica em termos de consumos energéticos. No caso da compactação destes blocos em prensa hidráulica, a mesma naturalmente tem a vantagem de não requerer força manual, tornando-se obviamente num processo mais rápido de fabrico. Além destas vantagens, os blocos apresentam também resistências mecânicas substancialmente superiores em relação aos executados de forma manual. O volume de vazios nestes também é menor, apresentando desta forma maior resistência ao contacto com água (Torgal & Jalali, 2010).

Blocos de Terra Comprimida Estabilizados (BTC'E)

Uma recente solução nos BTC foi a adição de pequenas quantidades de cimento, em percentagens que variam entre os 5% e 20% da mistura, solo-cimento. O solo-cimento, ou blocos de terra comprimida estabilizada (BTC'E) é uma solução construtiva obtida através da mistura homogénea de devidas proporções com solo, cimento e água. O cimento confere uma importância vital no melhoramento do bloco, quer ao nível na resistência, durabilidade, impermeabilidade e mesmo na aparência do mesmo (Martins, 2011).

Na Figura 2.30 é possível observar a construção de habitações unifamiliares em Moçambique, que utilizam blocos maciços de solo-cimento na construção das paredes exteriores.



Figura 2.30 - Construção com Blocos de Solo-cimento

É exequível fabricarem-se blocos com diversas formas e sistemas de encaixe, facilitando a forma de trabalhar e de construir as paredes de alvenaria com blocos de solo-cimento. Estes blocos podem ser produzidos em prensa manual, em qualquer sítio, sendo que uma equipa de três homens pode produzir cerca de 1500 blocos por dia, com dimensões de 12,5×25,0×6,25 cm. Além disso, outra vantagem prende-se com o facto de estes blocos dispensarem rebocos em ambas as faces. Os encaixes que estes possuem, garantem também um alinhamento perfeito na execução das paredes, garantido um bom travamento dos panos de alvenaria. Na ausência de energia eléctrica ou de combustível é possível garantir o fabrico dos mesmos. Este facto é relativamente importante, tendo em conta que em países subdesenvolvidos, como é o caso de vários países de clima tropical, a energia muitas vezes não existir. Habitualmente a utilização destas prensas manuais está associada à produção de blocos com solos do local da própria escavação das fundações e da envolvente à obra. Após mistura, a execução dos mesmos passa por um processo de compactação e cura húmida. Este material é também bastante impermeável, resistindo assim ao desgaste do tempo e à humidade e facilitando naturalmente a sua conservação. Apesar de parecer um sistema antiquado, face a sistemas tecnologicamente mais avançados é um dos sistemas mais avançados no que respeita às construções com terra. (Martins, 2011).

Apesar de este material ser inovador, é ainda pouco utilizado no mercado dos materiais de construção. Trata-se de uma solução construtiva economicamente viável e a sua utilização deve ser considerada dada as boas características mencionadas anteriormente que os mesmos apresentam.

2.4.6. A Pedra

As pedras são rochas, mais concretamente são um material natural inorgânico formado por um ou mais minerais que fazem parte da crosta terrestre. Mais especificamente, as pedras são rochas no estado sólido e com dimensões macroscópicas (Gomes, 2012).

A sua utilização na construção pode ser feita praticamente sem alteração do seu estado natural, não necessitando de sofisticada tecnologia (Moreira, 2008).

A pedra, de entre todos os materiais sob análise, é sem dúvida o recurso com menor transformação no processo de construção, podendo ser utilizado em alguns casos, sem ser feita alguma alteração do seu estado natural e mais puro. Por este motivo, destaca-se dos restantes materiais, sendo caracterizado pelo seu conhecido passado histórico na construção de abrigos, e posteriormente em unidades habitacionais. Na generalidade, as pedras, ou também designadas como rochas, constituem um material de natureza inorgânica formado por, pelo menos, um mineral da crosta terrestre. De uma forma mais específica, considera-se, então, que as pedras são rochas com dimensão macroscópicas num estado sólido (Moreira, 2008). Assim, a camada externa sólida do nosso planeta, tecnicamente chamada de crosta terrestre, ramifica-se em crosta continental e crosta oceânica, sendo ambas constituídas por rochas (Moreira, 2008).

Em suma, as pedras naturais adquirem várias funcionalidades e constituem diversas aplicações na construção civil, transcendendo, não só, um valor estético, como também um mecanismo estrutural. Assim, como elemento fundamental na função estrutural de uma unidade habitacional, a pedra é, geralmente, utilizada na construção de fundações, pilares, balastros em vias férreas, paredes, pavimentos térreos, na construção de enrocamentos em obras portuárias, entre outros. Não obstante, como função estética ou não estrutural, a pedra assume um papel fulcral em revestimentos para cobertura, paredes ou pavimentos para esculturas e outros mecanismos ornamentais (Oliver, 1997). A durabilidade e a resistência da pedra dependem da sua densidade e da sua capacidade de resistir a erosão (Oliver, 1997).

2.4.7. Técnicas tradicionais com outros materiais

Contudo existem outros métodos que se evidenciaram eficazes como materiais ou técnicas de construção tais como (Gomes, 2012):

- Cob/ Argamassas – Um outro método de construção antigo que utiliza terra humedecida, palha e vários tipos de fibras. É bastante similar ao adobe, no entanto difere na medida em que este apresenta uma maior percentagem de palha e outras fibras na sua constituição.
- Sacos de areia/terra – Tal como a própria denominação indica, este tipo de solução é basicamente feita com sacos preenchidos com areia ou terra. É um tipo de solução utilizado há bastante tempo. Esta foi durante anos usada em especial pelos militares, quando pretendiam criar barreiras de proteção. Também eram utilizadas para o controlo de eventuais inundações.

2.5. Síntese de Capítulo

Na definição da Arquitetura Tropical constatou-se que as soluções construtivas tradicionais abordadas advêm principalmente de métodos construtivos sustentáveis, apoiados na arquitetura vernacular que impõe o emprego de materiais e recursos do próprio meio ambiente. As definições dos vários tipos de climas tropicais e dos materiais utilizados nas construções de cada região ajudaram também a compreender a razão das soluções e técnicas encontradas.

Foram também estudados alguns materiais e técnicas tradicionais, e concluiu-se (na opinião do autor) que o emprego dos mesmos, ou de soluções melhoradas, é sem dúvida o caminho a seguir no futuro das novas soluções construtivas.

“A tradição é um desafio para a inovação.” (Álvaro Siza Vieira)

3. SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS PARA A REGIÃO TROPICAL

3.1. Estratégias Bioclimáticas nas Soluções Construtivas

A arquitetura bioclimática consiste no projeto de uma edificação em função das especificidades climáticas, ambientais, e de outras características locais, permitindo desta forma minimizar os impactos no meio ambiente, reduzir o consumo energético e melhorar o conforto ambiental interno (Monteiro 2011).

A grande maioria das construções atuais, foram concebidas sem preocupações em seguir os princípios bioclimáticos, recorrendo obrigatoriamente a meios mecânicos de climatização e iluminação interior, por forma a aumentar o conforto interno das mesmas. Consequentemente os consumos energéticos das habitações aumentam, contribuindo para a insustentabilidade deste setor. O âmbito da construção bioclimática consiste em otimizar os recursos que o meio natural dispõe, de forma a encontrar o conforto interno sem a dependência de energias fósseis. Embora as preocupações ambientais sejam recentes, os princípios bioclimáticos são tradicionalmente utilizados desde os povos mais antigos. Por exemplo, o desenho das cidades romanas de acordo com a favorável orientação solar, ou os pátios interiores de origem árabe, são algumas técnicas da adaptação da construção às condições climáticas locais. Na conceção de uma arquitetura bioclimática é preciso, numa fase inicial, pensar em três questões fundamentais (Gomes, 2012):

- Seleção do lugar de construção
- Seleção da forma do edifício
- Seleção da orientação solar do edifício

Os fatores climáticos e ambientais são decisivos no projeto bioclimático, no entanto, não são os únicos fatores a ter em conta. Devem também ser englobadas as relações entre a componente ambiental, social, económica e cultural, uma vez que todos estes fatores se interrelacionam e condicionam. Por exemplo, os interesses económicos nem sempre estão de acordo com os interesses ambientais, ou até mesmo a cultura da sociedade pode influenciar a aplicação de determinados conceitos, conduzindo em alguns casos, à rejeição da mudança (Monteiro, 2011).

Uma correta análise das edificações, segundo os requisitos bioclimáticos, deve ser simultaneamente feita tanto a nível urbano como a nível do edificado. A análise global compreende a inter-relação do edifício como o meio urbano, o qual influencia obviamente a iluminação natural, a ventilação natural, a absorção de calor, entre outros fatores importantes de considerar para proporcionar bons níveis de conforto. A análise do edificado como um elemento único consiste no

seu posicionamento geográfico, na sua forma e soluções construtivas, que influenciam principalmente o conforto interno do edifício (Gomes, 2012).

Outra importante noção a ter em conta diz respeito ao conhecimento de algumas técnicas de proteção ao calor, e a sua respetiva aplicação prática. Este tipo de conhecimento maximiza, no contexto tropical, as perdas de calor no interior das habitações. A dissipação ou redução do calor acumulado no interior de um edifício pode ser conseguido através de algumas técnicas como a ventilação natural, inércia térmica, evaporação, radiação solar, ou de um “poço de calor” como o solo. A utilização destas técnicas reduz o sobreaquecimento, e muitas vezes conduz os valores da temperatura do ar interior a níveis abaixo ou próximos dos da temperatura do ar exterior.

Transferências de calor

Antes de abordagem relativa às técnicas de proteção de calor, convém fazer uma revisão de alguns conceitos importantes relativos às diferentes formas de transferências de calor.

As trocas de energia térmica pela envolvente, sejam elas paredes exteriores, lajes, coberturas ou paredes interiores, ocorrem através de três modos de propagação distintos. São eles a condução, convecção e radiação. As duas primeiras exigem a necessidade de existência de contacto direto de corpos entre os quais ocorram as transferências, enquanto no terceiro caso, esse contacto direto, já não é necessário para que ocorram essas transferências (Henriques, 2011).

A condução pode ocorrer em corpos sólidos ou fluidos, e corresponde a um fenómeno de transferência de calor entre duas zonas com temperaturas distintas, requerendo naturalmente um contacto físico entre duas camadas. A determinação das transferências de calor pode ser feita através das noções de quantidade de calor Q (em W) ou de fluxo de calor q (em W/m^2). Outra das noções essenciais a ter em conta é a da condutibilidade térmica (λ) dos materiais. Este parâmetro é uma característica que traduz a forma como um determinado material se deixa atravessar pelo calor e é expressa em $W/m.^{\circ}C$. Cientificamente pode ser descrita como a quantidade de calor que atravessa a espessura do material, por unidade de área, por unidade de diferença de temperatura (Henriques, 2011).

A transmissão de calor por convecção é um mecanismo próprio de fluidos. Em termos simples, este fenómeno pode ser entendido como um tipo de condução específico onde a variação de temperatura das moléculas implica a alteração do seu posicionamento, e por consequência, variações de massa volúmica que resultam em movimentos de convecção (Henriques, 2011).

No que diz respeito às transferências de calor por radiação, importa referir, que todos os corpos emitem radiação eletromagnética. Esta propaga-se à velocidade da luz possuindo como características próprias uma determinada frequência “ f ” e um determinado comprimento de onda “ λ ” (Henriques, 2011). No entanto, para o presente caso de estudo, interessa estudar a radiação térmica, na qual se incluem a radiação ultravioleta, a luz visível e a radiação infravermelho. Como foi visto anteriormente, a radiação solar tem forte influência no comportamento dos edifícios. A

energia solar resulta de um processo de fusão nuclear e tem influencia direta no conforto das edificações.

Pela análise da Figura 3.1, podem-se identificar resumidamente, as diferentes formas de transmissão de calor (Guedes 2011):

- Ganhos solares externos - ganhos causados pela incidência da radiação solar sobre as superfícies externas, que é conduzida para o interior do edifício por radiação solar através das janelas. (ganhos solares internos);
- Ganhos por condução – a partir da condução de calor proveniente do ar exterior mais quente para o interior do edifício, através das superfícies externas do edifício;
- Ganhos por ventilação – pela infiltração de ar quente para o interior do edifício através de fenómenos de convecção;
- Ganhos internos – provenientes dos ocupantes, iluminação artificial e equipamentos.

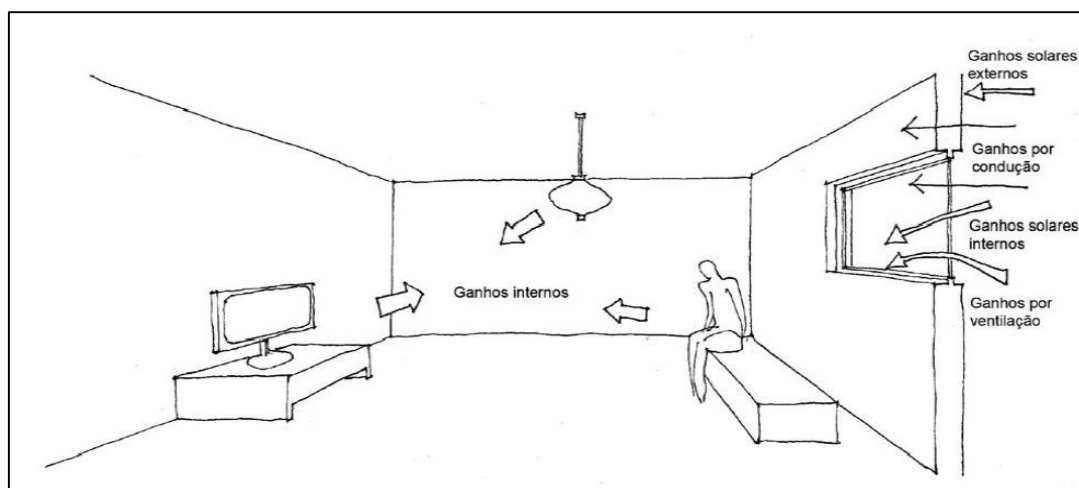


Figura 3.1 - Ganhos de calor no interior de uma habitação (Guedes et al., 2011)

3.1.1. Localização, forma e orientação das soluções construtivas

A localização do lugar a implementar uma determinada estrutura, a sua forma e orientação solar, são das primeiras preocupações que se devem ter em conta na análise urbana das soluções construtivas. É necessário conhecer o trajeto solar e os ventos dominantes, para que se consiga uma otimização no funcionamento das soluções construtivas e também um melhor desempenho do edifício. No caso dos edifícios em climas tropicais, é bastante importante que a implementação das casas tenha em consideração o regime de ventos, para uma ventilação eficiente, e consequente melhoria do conforto interno das mesmas. Por exemplo, no caso de regiões montanhosas,

sas, as construções devem preferencialmente ser localizadas nas zonas baixas da montanha e acima do leito das ribeiras, uma vez que são zonas onde há maior circulação de ar, e portanto, são zonas mais favoráveis para se desenvolverem sistemas de ventilação natural. Uma boa ventilação é fundamental no contexto tropical, devendo-se privilegiar soluções que otimizem a circulação do ar. O lado da encosta que beneficia de mais horas de sombra deve também ser privilegiado. Na Figura 3.2, no primeiro esquema (em cima) a localização do aglomerado numa encosta não é mais correta uma vez que as habitações ficam demasiado expostas ao sol nas horas de maior incidência. No caso do segundo esquema (em baixo), as casas beneficiam da sombra da encosta nas horas de maior incidência do sol, sendo por isso preferível esta localização no contexto das construções tropicais (Guedes et al., 2011).

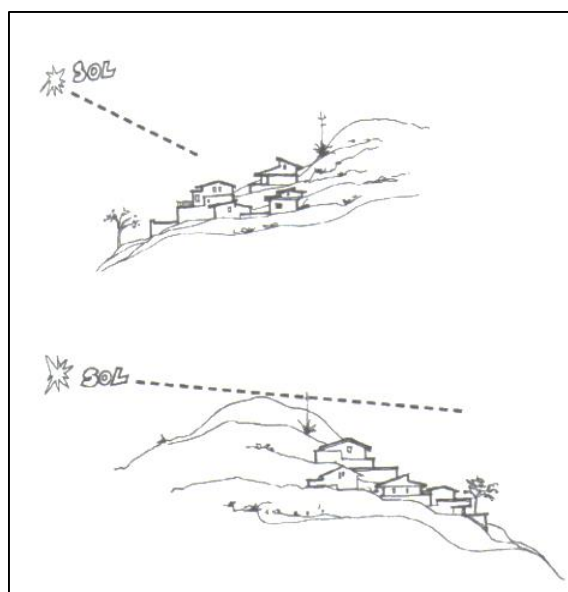


Figura 3.2 - Localização de um aglomerado numa encosta (Guedes et al., 2011)

A principal fonte de aquecimento passivo é a energia proveniente da radiação solar, por isso, é necessário que o projeto de uma habitação preveja a melhor implantação em termos de orientação solar (Monteiro, 2011). Conforme descrito anteriormente, as principais preocupações em regiões de clima tropical prendem-se com as necessidades de arrefecimento dos edifícios. No litoral, o impacto do sol numa habitação, é agravado pelo reflexo deste sobre o mar. Neste contexto, por exemplo, as fachadas podem ser protegidas por alpendres de grandes dimensões no exterior, ou por outros arranjos exteriores de forma a proteger o interior da radiação solar. Uma outra preocupação a ter em conta na localização dos edifícios também se deve ao fator chuva. As regiões tropicais são caracterizadas em certos períodos do ano por fortes chuvadas. Neste contexto, é importante ter em conta que a implementação de habitações em linhas de água, ribeiras secas, zonas predispostas a inundações ou a enxurradas tem de ser evitada. Nas alturas das chuvas tor-

renciais, a água conhece o seu antigo caminho. O esquema da Figura 3.3 indica a localização correta de um aglomerado (Guedes et al., 2011).

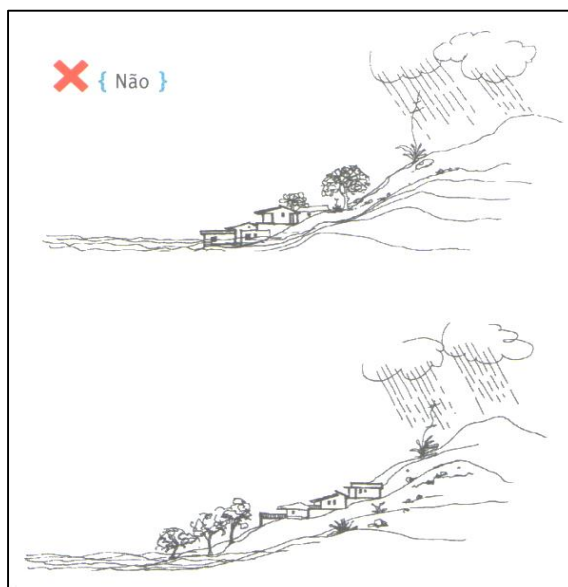


Figura 3.3 - Implementação de habitações em encostas (Guedes et al., 2011)

De um modo geral, a forma dos edifícios, a sua configuração e o arranjo dos espaços internos estão diretamente relacionados com a influência da radiação solar, com a necessidade de ventilação e iluminação natural. Por exemplo, um edifício compacto terá uma superfície de exposição relativamente pequena, isto é, um baixo rácio superfície/volume. Uma boa solução para evitar o ganho de energia solar no interior de um edifício passa pela construção de edifícios em banda conforme ilustra a Figura 3.4. A geminação dos edifícios traz vantagens uma vez que diminui a área de exposição solar e reduzindo consequentemente os riscos de sobreaquecimento (Guedes et al., 2011).



Figura 3.4 - A geminação das habitações reduz a área de exposição solar (Guedes et al., 2011)

O conceito de zonas passivas deve também ser considerado logo na primeira fase de projeto, assim que são definidas a forma e orientação dos edifícios. As áreas passivas são áreas do edifício que são favoravelmente ventiladas e iluminadas naturalmente e são normalmente consideradas como tendo uma profundidade de duas vezes a altura do pé-direito. (i.e. geralmente cerca de 6 metros). A proporção da área considerada como passiva de um edifício, em relação à altura total do mesmo, fornece uma indicação do potencial do edifício para o emprego de estratégias bioclimáticas. Para que se consigam boas soluções, o objetivo passa consequentemente por maximizar a área passiva. As estratégias a utilizar variam segundo a orientação das diferentes zonas do edifício. Muitas destas estratégias passam, por exemplo, pela alteração da área de envidraçado, pela utilização de dispositivos de sombreamento, e outros. A Figura 3.5 exemplifica a definição de áreas passivas e não passivas na planta de um edifício (Guedes et al., 2011).

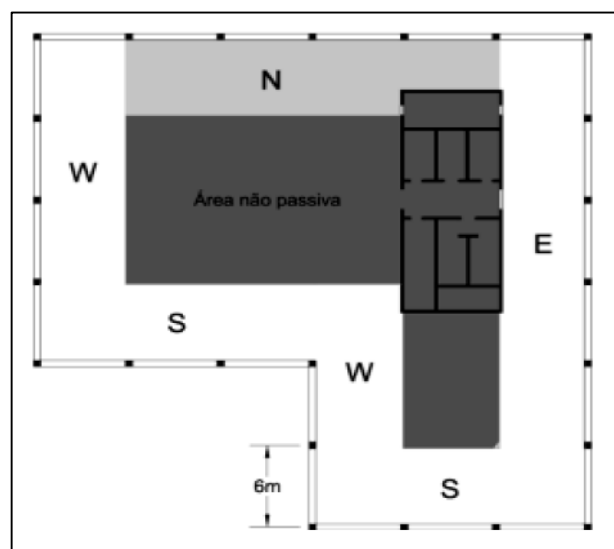


Figura 3.5 - Definição de áreas passivas (cor clara) e não passivas (cor escura) na planta de um edifício (Adaptado de Baker, 2000) (Guedes et al., 2011)

Orientação dos compartimentos

Há algumas considerações a ter em conta no que respeita a orientação dos compartimentos, em função do percurso do sol e do vento. Além disso, cada compartimento tem diferentes funcionalidades numa habitação e o domínio destas técnicas é o ponto de partida para se tirar partido destes potentes recursos naturais. A orientação a sul é geralmente recomendada para edifícios no hemisfério Norte, por ser a que mais otimiza os ganhos solares para aquecimento durante a estação fria. No entanto, em regiões onde a questão do sobreaquecimento é prioritária, como as regiões do hemisfério Sul, a melhor orientação é a Norte. No caso particular dos quartos de dormir, quando orientados a nascente recebem menos radiação solar durante o dia, e, por isso, captam menos calor tornando-se em espaços mais frescos durante a tarde. Por sua vez, os alçados virados a Poente devem ser protegidos de forma a controlar a radiação solar excessiva. No que

respeita aos compartimentos destinados à cozinha ou locais de armazenamento de alimentos, como dispensas, estes espaços devem ser os mais frescos possíveis, logo, nunca devem ser localizados a poente. Neste contexto, a melhor orientação do edifício para reduzir o impacto dos ganhos solares será paralela ao eixo Nascente-Poente, uma vez que esta orientação restringe a área de exposição das fachadas que mais recebem sol de ângulo alto (Norte), beneficiando ainda de iluminação natural conforme ilustrado na Figura 3.6.

Em suma, a correta disposição e orientação dos locais de permanência da habitação, em função do percurso do sol e do vento, é o ponto de partida para aproveitamento das energias renováveis (Guedes et al., 2011).

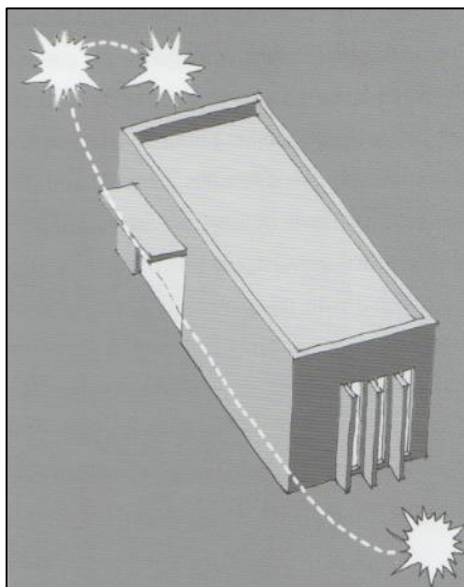


Figura 3.6 - Representação do Percurso solar (Guedes et al., 2011)

3.1.2. Sobreaquecimento

Como foi referido anteriormente, na grande maioria das regiões do hemisfério Sul, a questão do sobreaquecimento é prioritária. No caso particular de Moçambique, a melhor orientação é a Norte, sendo também aceitável uma variação entre Norte e Noroeste de 45°. De acordo com estudos realizados anteriormente, no caso de Maputo a orientação mais favorável é uma ligeira variação 5°O' N (Guedes et al., 2011).

3.1.3. Técnicas Relativas à Proteção da Radiação Solar

A principal fonte de calor é a radiação solar, por isso, a utilização de técnicas de controlo solar é uma estratégia de alta prioridade para minimizar o impacto de ganhos solares num edifício. Existem algumas técnicas usadas na proteção ao calor tais como:

- O sombreamento das fachadas;
- O dimensionamento dos vãos envidraçados;
- O revestimento reflexivo da envolvente;
- O isolamento.

A otimização da orientação e da área passiva, como já foi referido, contribuem para evitar situações de sobreaquecimento, sendo importantíssimas para a definição de estratégias de proteção e dissipação de calor.

Sombreamento das Fachadas

O sombreamento das fachadas pode ser feito através de elementos como palas ou alpendres, elementos vegetativos ou por elementos mistos. No caso dos elementos vegetativos estes para além de aumentarem o conforto interior acabam também por funcionar como um filtro dos raios solares. As paredes devem também, sempre que possível, ter isolamento e serem suficientemente maciças de forma a aumentar a inércia térmica, retardando a penetração de calor de dia e a dissipação do frio à noite. Outra solução passa também pelo correto dimensionamento das áreas de envidraçados. Um pouco à semelhança de algumas soluções vistas anteriormente, aquando do estudo das soluções construtivas analisadas na construção tradicional, as áreas de envidraçado devem ser reduzidas neste tipo de climas, de forma a evitar ganhos excessivos de calor.

O sombreamento das fachadas é uma técnica que serve para oferecer proteção tanto à envolvente opaca como aos envidraçados, e é bastante eficaz como estratégia para a redução da incidência da radiação solar. Os ganhos de calor através dos envidraçados são bastante significativos, uma vez que estes elementos têm pouca resistência à transferência de calor radiante.

Nas regiões mais quentes, como é caso das regiões tropicais, um bom sombreamento pode ser entre 4°C a 12°C mais fresco do que um sem sombra. No caso particular de Moçambique, devem ser colocadas palas horizontais, orientadas a Norte e Sul, e palas verticais a Nascente e Poente, devido ao ângulo baixo do sol no início da manhã e ao fim da tarde. As orientações Nascente e Poente, conforme estudado anteriormente, podem facilmente originar sobreaquecimento, especialmente em edifícios mal isolados e de baixa inércia (Guedes et al., 2011).

As grelhas são também outra boa alternativa e oferecem ainda vantagens em termos de privacidade. No entanto, estas reduzem a luz, a ventilação natural e a vista, portanto, a sua conceção deve ser primeiramente analisada de forma a ter um comportamento eficaz a todos os níveis. Qualquer tipo de dispositivo de sombreamento utilizado deverá no entanto ser de cor clara, uma vez que tem melhor desempenho na reflexão da radiação solar (Guedes et al., 2011).

Na Figura 3.7, encontram-se alguns exemplos de edifícios que utilizam algumas das técnicas mencionadas anteriormente.



Figura 3.7 – Sombreamento de fachada por projeções horizontais (esquerda); sombreamento fixo de janelas (direita) (Guedes et al., 2011)

A utilização de varandas, pátios, átrios ou arcadas pode ser bastante útil uma vez que podem proporcionar sombreamento nas fachadas, por meio de prolongamento de vãos e consequente sombreamento. Mais uma vez, importa assegurar que o projeto e o seu *design* devem ser adequados e devem ser considerados os requisitos de ventilação e iluminação natural. O seu desempenho depende ainda da configuração do edifício (Guedes et al., 2011).

Na Figura 3.8 é possível identificar algumas destas soluções.



Figura 3.8 – Sombreamento de fachadas através de pátios e arcadas (Guedes et al., 2011)

Conforme estudado anteriormente, aquando da construção tradicional em Marrocos, a construção em altura proporciona também sombreamento nas ruas e em edifícios, embora em alguns casos, a disponibilidade de luz natural possa ser reduzida. O aumento do tamanho das janelas neste tipo de fachadas pode ser uma boa solução para contrariar este défice de luz natural.

A escolha da vegetação utilizada no sombreamento deve também ela ser cuidadosamente escolhida. Em regiões quentes como é o caso de Moçambique, a utilização de árvores com folha perene é preferível, na medida em que estas são capazes de proporcionarem sombra ao longo de todo o ano.

Os dispositivos externos são mais eficientes, uma vez que reduzem a incidência sobre a área de envidraçado, enquanto nos internos tal a área de envidraçado é sempre atingida. No caso de dispositivos ajustáveis, estes oferecem por sua vez algumas vantagens. Estes, sendo ajustáveis, podem ser regulados consoante os diferentes ângulos de incidência solar, permitem um melhor aproveitamento da luz natural, e o controlo pelos ocupantes de acordo com as necessidades (Guedes et al., 2011)

Na Tabela 3.1, encontram-se resumidos os diferentes tipos de sombreamento mencionados anteriormente, que podem ser utilizados para sombreamento e respetiva proteção de fachadas.

Tabela 3.1 - Diferentes tipos de sombreamento

TIPOS DE SOMBREAMENTO	DESCRIÇÃO
Dispositivos fixos	Palas horizontais, “ <i>brise soleil</i> ”, sistemas de grelhas, aletas verticais.
Espaços internos	Varandas, pátios, átrios e arcadas.
Prédios Vizinhos	Sombreamento de fachadas em edifícios próximos principalmente nos pisos inferiores.
Vegetação	Usada para sombrear os pisos inferiores.
Dispositivos ajustáveis	Dispositivos externos como estores ou persianas, palas ou venezianas ajustáveis, aletas giratórias, placas horizontais, toldos, tendas, cortinas ou pérgulas ou internos como cortinas, persianas ou venezianas.

Áreas de Envidraçado e tipo de vidro

Como já foi analisado anteriormente, os principais ganhos de calor de um edifício são através das áreas de envidraçados nas fachadas, uma vez que o vidro oferece muito pouca resistência térmica às transferências de calor por radiação solar. A escolha do tipo de vidro, o dimensionamento das respetivas áreas de envidraçado, a sua orientação e proteção, condicionam absolutamente a penetração da radiação solar num edifício. Para um clima bastante quente, como é o caso de algumas regiões de clima tropical, é importante evitar grandes vãos de envidraçado. As fachadas com grandes áreas de envidraçado são uma tipologia importada e não se adequam ao clima quente, como particularmente, ao de Moçambique. Segundo (Guedes et al., 2011), neste país, as áreas de envidraçado não devem ultrapassar 40% da área das fachadas a Norte e a Sul, considerando já um sombreamento adequado dos vãos. Nas fachadas viradas a Nascente não deve ultrapassar os 20% (com sombreamento). Em zonas mais quentes, que atingem temperaturas diá-

rias na ordem dos 40°C, estes valores devem ser ainda mais reduzidos. A ponte, deve-se evitar sempre que possível, o uso de envidraçados. No caso particular moçambicano, a maioria dos edifícios residenciais existentes nas zonas urbanas mais consolidadas de Maputo, têm áreas muito razoáveis de envidraçado. As janelas, para além de influenciarem os ganhos e perdas térmicas de um edifício, influenciam a iluminação e ventilação natural, a acústica e o contacto visual com o exterior. Estas devem ser dimensionadas conforme a orientação do edifício e nos tempos de hoje existem vários programas de simulação disponíveis para projetista como o *DOE*, *Energy Plus*, ou ainda o *Ecotect*. Nos envidraçados, a utilização de vidros duplos reduz os ganhos ou perdas de calor. Além disso, têm também a vantagem de reduzir condensações e a taxa de infiltração. Os avanços tecnológicos nesta matéria, têm sido significativamente positivos, e nos tempos que correm é possível a utilização de vidro de baixa emissividade, que reflete a radiação solar indesejável e transmite seletivamente as partes do espectro solar visível, necessária à iluminação. Este tipo de envidraçado pode ser quase opaco à radiação infravermelha, reduzindo a transmissão da radiação em mais de 50%. Obviamente que o uso deste tipo de material pode ser economicamente menos viável do que o uso do vidro mais corrente. Podem ainda ser usados vidros fumados e reflexivos, embora estes sejam mais utilizados para sombreamento e prevenção de brilho, uma vez que estes materiais reduzem substancialmente os níveis de luz natural, aumentando a necessidade de luz artificial e por isso não são muito recomendados (Guedes et al., 2011).

Revestimento da Envolvente Reflexivo

As superfícies pintadas com cor clara, em especial cor branca, refletem grande parte da radiação solar. A utilização de cores claras é uma estratégia bastante antiga, mas é sem dúvida uma boa opção para os materiais de revestimento das fachadas uma vez que refletem uma parcela considerável da radiação solar. Os materiais mais comuns utilizados como revestimentos reflexivos são a tinta ou os azulejos de cor clara. O telhado, sempre que possível, também deve ser de cor clara. A pintura de cor clara, para além de ser bastante eficaz, é também um meio bastante económico e pode ainda melhorar os níveis internos de iluminação natural, reduzindo desta forma a necessidade de luz artificial. No caso dos países de clima tropical, a proximidade das habitações aos pavimentos de cor escura deve ser evitada, de forma a evitar a absorção de calor e consequente irradiação para as habitações. Deve-se evitar o uso de materiais como gravilha, areia preta e o betão, para diminuir a absorção da radiação e deve-se também ter especial atenção à proximidade em relação a outras habitações, uma vez que a reflexão da radiação solar pode não ser desejável (Guedes et al., 2011).

Isolamento

A localização correta do isolamento é talvez uma das medidas mais importantes para combater os ganhos de calor, melhorado assim o conforto térmico durante todo o ano. São vários

os tipos de isolamento que podem ser utilizados numa habitação, desde os materiais mais tradicionais, até aos materiais de última geração. Os materiais de isolamento podem ser colocados nas superfícies exteriores da fachada, ou na cavidade entre panos, mas raramente são colocados no interior das habitações. A principal função deste tipo de materiais é aumentar a resistência térmica, tanto de paredes como coberturas ou lajes, com o objetivo evitar a condução de calor.

O isolamento do telhado é uma das prioridades a ter em conta na conceção das soluções construtivas em regiões de clima tropical uma vez que estas estão bastante expostas à radiação solar direta e sujeitas a temperaturas elevadas durante quase todo o ano. Uma boa solução construtiva para as coberturas, é o uso de sistemas mistos. Por exemplo, a utilização de colmo, sobreposto em chapa ondulada de material metálico (sub-capa) pode trazer bastantes benefícios. Para além de se tratar de um sistema económico, traz bastantes benefícios ao nível da impermeabilização, e durabilidade conferidos pela sub-capa metálica para além da excelente propriedade do colmo na função de isolante térmico (Guedes et al., 2011). Este tipo de solução é apresentado na Figura 3.9.



Figura 3.9 - Sistema construtivo misto de cobertura (Guedes et al., 2011)

O isolamento dos elementos opacos externos é uma necessidade em países de clima tropical, e é uma das medidas mais simples e eficazes de proteção ao calor e na redução das necessidades de arrefecimento (Guedes et al., 2011). O isolamento pelo exterior é, sempre que possível, preferível ao de cavidade, uma vez que para além de reduzir as pontes térmicas planas (nas zonas estruturais), tem também um melhor desempenho em termos de prevenção de ganhos de calor.

O arrefecimento é a principal preocupação, e muitas vezes pode ser preferível usar outro método eficaz, como a utilização de barreiras radiantes, embora este método dependa da ventilação. As barreiras radiantes, feitas com produtos reflexivos, como chapas de alumínio, podem ser

instaladas em cavidades ventiladas do telhado. Este sistema, pode no entanto, não ser economicamente viável e mais complexo do que o uso de isolamentos simples (Guedes et al., 2011).

Em seguida, apresenta-se na Figura 3.10 a representação esquemática de uma barreira radiante, com caixa-de-ar ventilada, composta por chapa metálica que reflete a radiação solar, e por uma abertura de ar destinada a ventilação que impede desta forma a condução de calor para o interior da habitação.

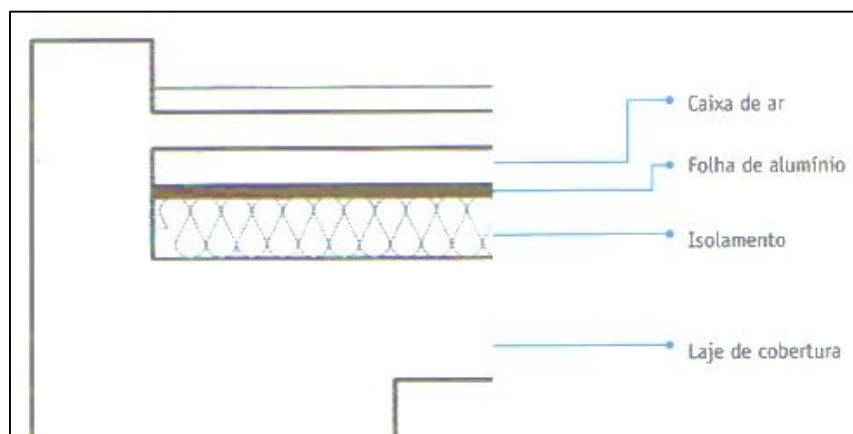


Figura 3.10 - Representação esquemática de barreira radiante com caixa-de-ar ventilada (Guedes et al., 2011)

3.1.4. Ventilação Natural

O fluxo de ar entre o exterior e interior das habitações é muito importante na salubridade dos ambientes e denomina-se de ventilação natural ou ventilação passiva. A ventilação garante que o ar externo penetre no ambiente interno, renovando o ar ao supri-lo de oxigênio e ao reduzir a concentração de gás carbônico. Desta forma aproxima as condições de temperatura e humidade internas das condições do ambiente exterior, atuando diretamente no conforto térmico dos habitantes.

Segundo (Henriques, 2011), o excesso de vapor de água ou de outro tipo de poluentes no interior de edifícios pode, eventualmente, conduzir à ocorrência de problemas significativos, razão pela qual a ventilação dos espaços é uma necessidade permanente.

Os sistemas de ventilação naturais, ou passivos, são baseados nos mecanismos de diferenças de pressão ou tiragem térmica. A ventilação por ação do vento considera diferenças de pressão entre diferentes pontos, enquanto a ventilação por tiragem térmica é originada por variações de pressão por diferenciais de temperatura (Henriques, 2011).

O mínimo de ventilação permanente, isto é, de renovação do ar, é indispensável em qualquer clima para o conforto dos espaços, para além de evitar a propagação de doenças. Na perspectiva da eficiência energética em busca da sustentabilidade e do conforto térmico, o espaço urbano deve permitir a ventilação no interior dos edifícios principalmente na estação quente-húmida,

quando a temperatura externa não for maior do que a interna, e controle da ventilação na estação quente-seca (Souza, 2006)

Como foi anteriormente referido, a ventilação natural pode ser originada por duas forças naturais: ventilação por ação do vento que resulta pelas diferenças de pressão criadas pelo vento, ou por diferenças de temperatura, originando fenómenos de convecção mais conhecidos por “efeito de chaminé”. No primeiro caso, esta é dependente da intensidade e direção do vento, e ainda por obstruções que podem condicionar e obstruir a passagem do mesmo, influenciando diretamente o funcionamento destes sistemas. A direção do vento pode variar ao longo do ano e mesmo durante o dia. Na projeção de soluções eficientes é importante a análise dos ventos dominantes, o regime de ventos de terra (noite) e a brisa do mar (dia) (Guedes et al., 2011).

Segundo (Boas, 1983) a ventilação é um dos componentes chaves na dispersão dos poluentes aéreos gerados pelas atividades do homem e na renovação do ar viciado. Além disso, afeta fortemente as condições de conforto térmico de um certo ambiente, por acelerar as trocas térmicas entre o homem e o meio, assim como as condições microclimáticas no interior e em torno dos edifícios, na medida em que acelera as trocas térmicas por convecção entre as envolventes e o ar.

A ventilação natural contribui para o conforto térmico principalmente em regiões com clima quente-húmido por facilitar a troca térmica entre a pessoa e o meio. Já nas regiões de clima quente-seco, a ventilação deve ser mais controlada. Geralmente neste tipo de climas durante o dia, os ventos são quentes, secos e carregados de poeiras. Já durante a noite, dada grande amplitude térmica, a renovação do ar pode trazer algum desconforto para o interior da habitação uma vez que o vento pode ser mais frio. No caso das regiões com clima tropical de altitude, estas são caracterizadas por possuírem clima quente-seco no inverno e quente-húmido no verão. Neste caso, os edifícios requerem o aproveitamento da ventilação natural para conforto térmico no verão e, controle da mesma no inverno (Souza, 2006).

No corpo humano, quando o ar se move sobre a pele, faz diminuir a resistência térmica superficial e facilita a troca térmica. Neste contexto, a velocidade do vento influencia diretamente na sensação de conforto térmico, e por isso, o seu aproveitamento toma uma maior importância no espaço urbano. Já no exterior dos edifícios a ventilação pode contribuir também para o arrefecimento da envolvente através do mesmo princípio, isto é, da diminuição da resistência superficial da envolvente. No interior das habitações é através das janelas ou das aberturas para ventilação que esta gera movimentos para trocas térmicas entre o ambiente interno e o externo contribuindo também para renovação do ar. Contudo, a ventilação pode também apresentar alguns efeitos indesejáveis, tais como: velocidade demasiado elevada ou reduzida, transporte de poeiras, ruídos indesejáveis e danos nas edificações. (Souza, 2006)

A ventilação pode ser usada para vários objetivos, na Tabela 3.2 são descritos alguns dos objetivos da ventilação e respetivos requisitos.

Tabela 3.2 - Objetivos da Ventilação e respectivos requisitos (Guedes et al., 2011)

OBJETIVOS	DESCRIÇÃO	REQUISITOS
Fornecimento de ar fresco	Substituição do ar viciado, controlo de odores, humidade, CO ₂ , e concentração de poluentes.	0,5 a 3 Renovações de ar por hora por pessoa, dependendo da intensidade da ocupação. A regulamentação internacional considera um mínimo de 5l/s por pessoa.
Remoção de calor	Usado para remover o calor excessivo do interior do edifício proporcionando temperaturas mais confortáveis.	Requer mais taxas de ventilação do que o processo anterior. Mais eficaz nos níveis superiores para remoção de calor acumulado. Se a temperatura do ar exterior é inferior à do ar interior, as taxas típicas para dissipação de calor são 5-25 ach/h, dependendo da diferença de temperaturas.
Arrefecimento do corpo humano por convecção ou evaporação	Uma maior velocidade do ar aumenta a evaporação do suor. A sensação térmica corresponde a uma temperatura efetiva de 27°C e pode ser alcançado com o auxílio da ventilação.	Este tipo de processos requer velocidade do ar entre 0,5 e 3 m/s. Admite-se que cada aumento de 0,275m/s corresponde a um acréscimo do limite superior de conforto de 1°C. A velocidade máxima do ar recomendado em escritórios é de 1,5 m/s. Para habitações este valor pode aumentar para os 2,5 – 3 m/s.

Uma ventilação eficiente está diretamente relacionada com a distribuição, dimensão e forma dos vãos. Para haver ventilação, é necessário que o ar presente no interior das habitações saia para dar lugar ao novo. Os sistemas de ventilação, como foi referido, são baseados nos mecanismos de tiragem térmica ou de diferenças de pressão entre o interior e exterior e obedecem ao princípio de que o ar deve ser admitido pelos compartimentos principais (salas e quartos) através de dispositivos adequados, e deve poder circular entre os mesmos, sendo depois conduzido para o exterior apenas pelos compartimentos de serviço (cozinhas e instalações sanitárias) (Henriques, 2011).

A ventilação cruzada é um sistema funcional na renovação do ar por todo o volume possível, fazendo com que ele atravesse o ambiente ao entrar e sair por aberturas opostas. O fluxo de ar nestes casos ocorre pela incidência do vento e é influenciado pela posição das aberturas, pelas suas dimensões, pelo tipo de esquadrias e pelas obstruções ao longo do percurso. A ventilação cruzada não se resume ao fluxo de ar por somente um ambiente, podendo ser realizada através de mais ambientes, passando por portas e vãos. As aberturas podem ser colocadas em diversos elementos como portas, janelas, fachas, ou outros vãos, e a sua localização e distribuição deve pro-

porcionar um sistema eficaz. Quando estas são colocadas em posições mais altas, permitem boas taxas de ventilação para dissipação de calor, enquanto quando colocadas em níveis inferiores proporcionam circulação do ar em toda a zona ocupada. Na construção de janelas para ventilação, deve-se sempre ter em conta as outras necessidades ambientais como a iluminação natural, a impermeabilização, o seu desempenho funcional, manutenção, o ruído, a segurança, os ganhos solares, os custos e o controlo da circulação do ar. O problema do ruído poderá ser corrigido com a utilização de prateleiras acústicas ou painéis acústicos. No caso dos problemas de poluição estes podem ser resolvidos com o uso de espaços tampão, trazendo para o interior apenas o ar que entra de áreas menos poluídas. A segurança do edifício não deve ser posta em causa e por isso tem de ser tida em conta no dimensionamento das aberturas, ou por exemplo, com a utilização de portas exteriores venezianas (Guedes et al., 2011).

A ventilação designado por “efeito de chaminé”, conforme ilustra a Figura 3.11, é mais indicada para edifícios em altura, e para situações em que o vento a ação do vento não proporciona movimentos de ar suficientes para a sua extração por movimento forçado. Este método também pode ser utilizado conjuntamente com a ventilação por pressão do vento. O efeito chaminé é viabilizado pela diferença de pressão entre o ambiente externo e interno que são consequência das diferenças de temperatura entre estes dois meios (Guedes et al., 2011).

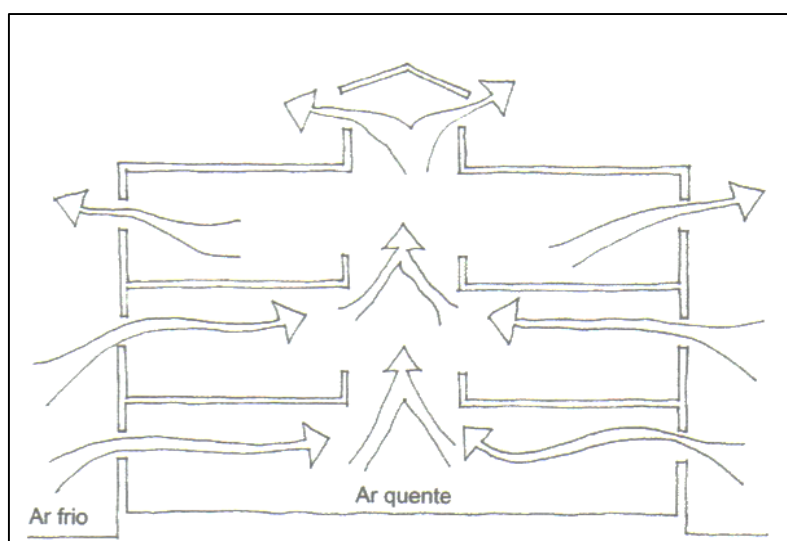


Figura 3.11 - Esquema de ventilação por efeito de chaminé num edifício de átrio (Guedes et al., 2011)

O ar aquecido torna-se menos denso e sobe, “puxando” o ar frio que penetra, geralmente por frestas e pequenas aberturas. Para proporcionar uma renovação de ar mais significativa, é recomendado que pequenas aberturas sejam instaladas próximas ao piso para entrada de ar, enquanto aberturas mais altas, sejam na cobertura ou em paredes, sejam usadas para a saída de ar.

Deve-se evitar bolsões de ar aquecido acima de aberturas projetadas para a saída de ar (Guedes et al., 2011).

Em seguida na Tabela 3.3 apresentam-se uma síntese com algumas das estratégias de ventilação natural por efeito de chaminé.

Tabela 3.3 - Estratégias de ventilação natural por efeito de chaminé

EFEITO DE CHAMINÉ	DESCRIÇÃO	DESEMPENHO
Aberturas duplas de um único lado	Aberturas com posição baixa e alta, numa janela ou parede.	Pode ser eficaz até 6m ou duas vezes a altura do pé direito. Pode aumentar a profundidade da ventilação natural em salas de plano profundo. Depende da diferença de altura entre a entrada (inferior) e a saída (superior).
Átrios	Potencia a ventilação por efeito de chaminé.	Utilizados em edifícios de maiores dimensões e devem ter uma altura considerável em países quentes, já que podem conduzir a sobreaquecimento.
Chaminés Solares	Usam a radiação solar para aumentar o efeito de chaminé. Quando as superfícies da chaminé são aquecidas pelo sol, a taxa de ventilação aumenta.	Deve terminar bem acima do topo do telhado, de modo a oferecer maior superfície exposta para aquecimento, potenciando a circulação por efeito de chaminé. O seu desempenho também é influenciado pelas pressões de vento no topo da chaminé.
Paredes com cavidade ventilada	Paredes com cavidade ventilada (ver “massa térmica”).	Melhoram a dissipação do calor armazenado no edifício. Esta técnica é exclusiva para a remoção de calor do edifício.

Dentro das técnicas apresentadas, há outros fatores a ter em conta que podem potenciar a ventilação natural dos espaços. Em situações em que o potencial de ventilação natural é reduzido, o uso de sistemas de ventilação de baixo consumo pode ser uma boa alternativa. O uso de ventoinhas pode melhorar o desempenho das técnicas de ventilação natural. Estes dispositivos aumentam as velocidades do ar interior e as trocas por convecção, aumentando os processos convectivos e melhorando o conforto. A utilização de ventoinhas de teto, de caixa ou oscilantes podem permitir um aumento da temperatura de conforto interior de 3°C a 5°C, a 1m/s digamos de 24°C a 28°C reduzindo muito as exigências de arrefecimento (Guedes et al., 2011).

A Tabela 3.4 fornece informações particulares de técnicas e estratégias de ventilação natural noturnas e diurnas em função da diferença entre temperaturas internas e externas, incluindo a ventilação por pressão do vento e “efeito de chaminé”.

Tabela 3.4 - Uso de estratégias de ventilação natural em função da diferença entre temperaturas internas e externas (Guedes et al., 2011)

DIA E NOITE	DESCRIÇÃO	DESEMPENHO
Ventilação diurna	Estratégia simples para melhorar o conforto quando a temperatura interna é superior à externa. Podem-se usar os dois tipos de ventilação.	Apropriado quando o conforto interior pode ser obtido na temperatura do ar exterior, e com variações de temperatura diurna inferiores a 10°C.
Ventilação Noturna	Usada para arrefecimento da massa do edifício durante a noite. No final do dia, será aumentada sem degradar o conforto, aumentando a capacidade de dissipação de calor do sistema. O calor é libertado através da ventilação durante a noite.	É especialmente adequado para situações em que as temperaturas exteriores são demasiado elevadas durante o dia. É eficaz quando as temperaturas noturnas são substancialmente inferiores às diurnas, com uma amplitude de 8°C a 10°C. O seu desempenho pode ser potenciado através da utilização de ventoinhas. É mais eficaz durante a estação seca no caso da cidade de Maputo.

O vento também sofre interferência quanto à porosidade do sítio onde atua. Regiões com maior porosidade são melhor ventiladas do que as pouco porosas. Em regiões muito porosas há melhores trocas térmicas, renovação do ar e possibilidade de ventilação cruzada, o que é o ideal para regiões quentes. Nas regiões mais opacas (não porosas), por sua vez, estas acumulam mais calor devido à propriedade térmica dos materiais, necessitando de maior ventilação para realizar trocas térmicas (Guedes et al., 2011). A Figura 3.12 exemplifica um melhor a situação descrita.

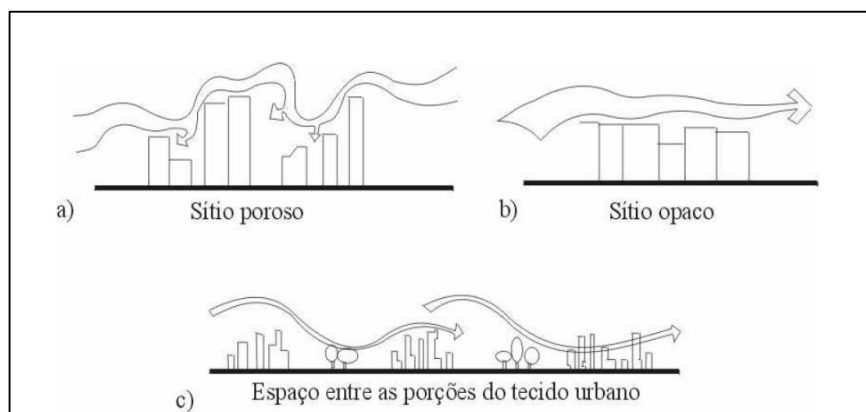


Figura 3.12 - a) Sítio poroso; b) Sítio opaco; c) Sítio com espaços entre as porções do tecido urbano formando áreas porosas. (Adaptado Romero, 2000: 108)

3.1.5. Inércia Térmica

Como foi analisado anteriormente, as paredes de algumas soluções construtivas tradicionais, são constituídas por materiais maciços como a terra, a pedra ou o tijolo. A inércia térmica está diretamente relacionada com a capacidade, que os materiais possuem, de armazenar calor, ou seja, quanto maior for essa capacidade mais facilmente os sistemas térmicos absorvem as solicitações sem alterarem, radicalmente, o seu estado termodinâmico. Desta forma, um edifício de grande inércia térmica tem tendência a armazenar a energia recolhida por períodos mais longos e a amenizar, assim, os efeitos das variações climáticas. A inércia retarda as trocas de calor por condução com o exterior, sendo bastante benéfico durante as ondas de calor. O domínio e aplicabilidade de materiais maciços com elevada inércia térmica nas construções proporciona melhores condições de conforto no interior das habitações. À medida que o calor se vai acumulando nas soluções opacas e posteriormente no interior dos edifícios, a massa térmica das envolventes diminui a sua eficiência. Nesta medida, é importante o uso de massa térmica com estratégias de ventilação. O calor armazenado durante a exposição solar, poderá ser, através de sistemas de ventilação eficiente, dissipado durante a noite. O uso de inércia nas envolventes opacas em conjunto com a ventilação noturna para arrefecimento do calor armazenado durante o dia, é uma boa técnica para várias das cidades de Moçambique como Maputo, Tete, Lumbo, Quelimane e Lichinga. Os sistemas de refrigeração noturna são sem dúvida uma das mais eficientes técnicas de arrefecimento passivo em países de clima tropical. Este sistemas exigem taxas de ventilação de 10 a 25 ach/h, e amplitudes de 8°C a 10°C entre dia e noite, tendo a construção de ser suficientemente maciça para armazenar o efeito de resfriamento até o dia seguinte (Guedes et al., 2011).

O desempenho da massa térmica depende da capacidade física dos materiais em armazenar calor, ou seja, o seu calor específico. O Calor específico “Cp” é a quantidade de calor necessária para elevar 1°C a unidade de massa de um determinado material e é normalmente expresso em kJ/kg.K (Henriques, 2011).

A otimização da massa térmica em determinadas soluções construtivas, normalmente não necessita de ações complexas e caras. Muitas vezes é suficiente aumentar a exposição em massa térmica, por exemplo, através da remoção de tetos falsos e abrir as janelas existentes (Guedes et al., 2011).

3.1.6. Arrefecimento Evaporativo

O uso de vegetação em espaços urbanos exteriores, para além de proporcionar sombreamento, também contribui para reduzir ligeiramente a temperatura do ar através do processo de evapotranspiração que resulta da fotossíntese. Este arrefecimento evaporativo é conseguido por um processo adiabático, em que a temperatura sensível do ar é reduzida e compensada por um ganho de calor latente. No caso de países bastante quentes, como Moçambique, a utilização desta

técnica pode ser bastante interessante uma vez que se trata de uma solução bastante económica. Existem contudo, outras técnicas de arrefecimento evaporativo direto, como o uso de vegetação nos pátios, a derramação de água no chão e a utilização de grandes vasos de barro poroso cheio de água nos quartos são bons exemplos de algumas técnicas tradicionais que utilizam este conceito. Estas estratégias são particularmente eficazes, quando o teor de humidade relativa não ultrapassa os 60%. Existem também outras técnicas indiretas de arrefecimento evaporativo, onde o ar é arrefecido sem que haja aumento do seu conteúdo em vapor de água. No entanto, a sua utilização envolve sistemas mecânicos, que fazem diminuir a temperatura do ar até se igualar à Temperatura de Bolbo Húmido. O consumo de água é bastante menos reduzido do que nos sistemas diretos, no entanto, a sua utilização envolve o recurso a aparelhos mecânicos, que podem não ser economicamente inviáveis (Guedes et al., 2011).

3.1.7. Controle de Ganhos Internos

No interior das habitações, os ganhos de calor também podem contribuir significativamente para o aumento da temperatura interior. São inúmeras as fontes de calor responsáveis por este processo, como a concentração dos ocupantes e os equipamentos que estes utilizam que contribuem significativamente para o sobreaquecimento. No entanto, existem algumas medidas estratégicas que podem ajudar a reduzir estes ganhos inconvenientes. Por exemplo, o uso de iluminação artificial é muitas vezes excessivo e mal gerido por parte dos ocupantes. É recomendado o uso de iluminação com baixos níveis de iluminação, como lâmpadas fluorescentes, ao invés das tradicionais lâmpadas incandescentes, de tungsténio. O uso de luz natural pode reduzir substancialmente as cargas de refrigeração, ao substituir completamente o uso de luz artificial durante o dia. Estima-se que por cada 1 KWh evitado para iluminação, se poupa cerca de 0.3 KWh de eletricidade usada pelo ar condicionado (Guedes et al., 2011).

Uma estratégia que visa a redução dos ganhos internos passa pela correta localização destes aparelhos em compartimentos com maiores taxas de ventilação, ou climatização especial. São inúmeros os aparelhos utilizados diariamente capazes de gerar calor interno, e podem produzir ganhos de calor anual na faixa de 15 a 30 W/m², como por exemplo computadores, fotocopiadoras, entre outros. A organização espacial dos espaços, também pode reduzir os excessivos ganhos internos gerados pelos ocupantes, através de uma boa gestão dos espaços (Guedes et al., 2011).

3.1.8. Manuseamento correto de controlos ambientais

A utilização correta dos vários mecanismos de estratégias passivas, como abertura de janelas para ventilação natural, a utilização de ventoinhas ou ajuste de sombreamento, é necessária para eficiência de redução do consumo de energia assim como para a criação de ambientes confortáveis. O uso destes dispositivos permite aos ocupantes a adaptação às necessidades de confor-

to térmico, e quando são corretamente utilizados, também traduzem um significativo impacto na poupança de energia. O seu correto manuseamento pode reduzir significativamente as necessidades energéticas de um edifício.

3.1.9. Sistemas Passivos de Captação e Potabilização de Água das chuvas

Uma em cada seis pessoas no mundo não possui acesso a água potável. O continente africano é o mais afetado por esta triste realidade, e os problemas ligados à água estão intimamente ligados com a saúde das pessoas e é umas das principais causas de morte no Mundo. Resíduos humanos, lixos industriais, resíduos animais, entre outros, estão muitas vezes na origem de doenças como a cólera, disenteria, febre tifóide, tracoma, esquistossomose, ancilostomíase entre outras doenças. Em África, existem regiões em que o único recurso de abastecimento é o proveniente das nascentes, que em muitos casos se localizam a grandes distâncias das zonas habitacionais. Existem muitas famílias em zonas rurais, principalmente os jovens e adolescentes, que dependem parte dos seus dias a procurar e a transportar água para as suas famílias, e algumas famílias gastam o seu rendimento na compra de água potável engarrafada. Torna-se portanto essencial a construção de sistemas de retenção para aproveitamento da água das chuvas e a criação de redes de abastecimento de água não contaminada. De seguida serão apresentadas algumas soluções tradicionais, que não requerem grande investimento económico e quando bem executadas apresentam resultados bastante positivos no contexto económico e ambiental das construções bioclimáticas (Guedes et al., 2011).

Captação da água da chuva

A criação de uma cisterna doméstica é descrita de forma simplificada na Figura 3.13.

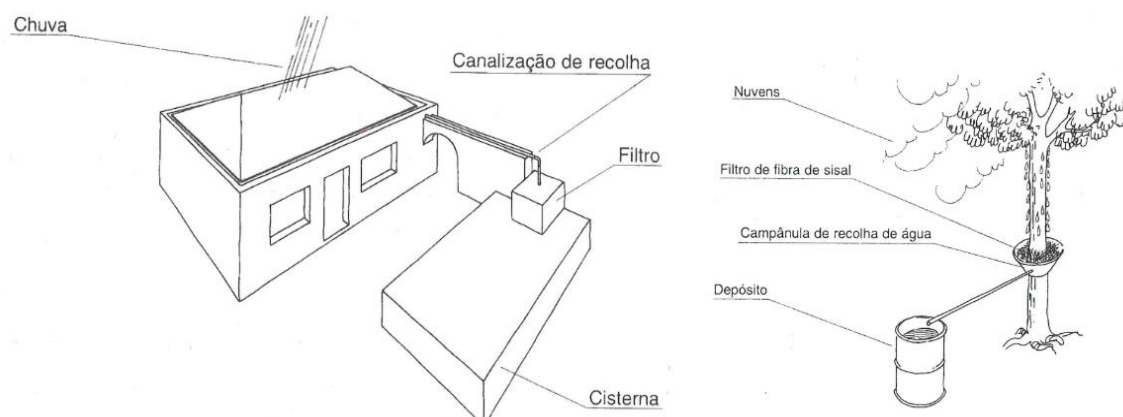


Figura 3.13 – Sistema Tradicional de Autoconstrução para Aproveitamento de Água das Chuvas (Guedes et al., 2011)

A construção de cisternas domésticas é apresentada a título exemplificativo. Nas zonas onde não existem sistemas de abastecimento de água, é uma boa solução para os países de climas quentes. A instalação de um sistema como apresentado anteriormente, é recomendado para famílias que vivam em zonas de altitude onde se podem recolher na época das chuvas boas quantidades de água por condensação das nuvens e armazená-la nas cisternas para o seu uso no tempo seco. Um bom sistema de armazenamento deve no entanto conter uma cisterna equipada com filtros que recolham e conservem a água das chuvas. O esquema apresentado é de um simples sistema de captação de água, que pode ser melhorado se a água for canalizada por uma campânula através de mangas de plástico. Existem outros sistemas mais elaborados por captação por condensação através de redes, ou através de sistemas de sistemas de água doce que resultam da evaporação solar da água do mar que não serão abordados na presente dissertação (Guedes et al., 2011).

Potabilização

A filtração é um método físico, simples prático que serve para filtrar a água, principalmente aquele de qualidade duvidosa. Para isso existem sistemas simples de filtração que consistem na utilização de um bidão com filtro de areia e cascalho. Um sistema com um filtro de areia e cascalho de simples construção pode ser executado com um bidão de 200 litros e pode ser uma solução útil. Embora a filtração ajude a na eliminação de bactérias, não garante a potabilização da água. No entanto, existem outros métodos mais eficazes que ajudam na potabilização da água como a ebulição, método este que é o melhor método físico para a destruição de microrganismos patogénicos que se encontram na água. Contudo, este método necessita que a água seja fervida. Existem também vários métodos químicos para o tratamento de águas, embora estes já dependam da capacidade económica e da disponibilidade de acesso dos agregados familiares para adquiri-los. O cloro e a lixívia são dois elementos importantes para a desinfeção da água. No caso deste último, deve-se filtrar a água proveniente antes de juntar a lixívia que deve ficar na situação de repouso durante aproximadamente 20 minutos antes de qualquer tipo de uso. É aconselhado que para cada litro de água se juntem duas gotas de lixívia (Guedes et al., 2011).

3.1.10. Síntese em Quadros: Requisitos - Técnicas – Desempenho

Como já foi referido, na conceção de construções e arquitetura bioclimática é preciso pensar em três questões fundamentais:

- Seleção do lugar de construção;
- Seleção da forma do edifício;
- Seleção da orientação solar do edifício.

Na Tabela 3.5 que se apresenta de seguida, apresenta-se uma síntese dos requisitos necessários para cada uma destas questões abordadas.

Tabela 3.5.- Requisitos das três questões fundamentais na conceção de construções bioclimáticas

DESCRIÇÃO	REQUISITOS
Localização do Edifício	A escolha da localização correta para implantação de um edifício é essencial para a salubridade do mesmo e dos seus ocupantes. Torna-se necessário reconhecer o percurso solar, o regime dos ventos predominantes e no caso de edifícios em regiões quentes, em que o principal objetivo é o arrefecimento, deve-se dar preferência a locais sombreados. Devem ser também evitados locais como linhas de água, ribeiras secas, zonas predispostas a inundações ou enxurradas.
Forma do Edifício	No caso de climas quentes, a proteção das fachadas deve ser sempre ponderada devido à forte radiação solar. No caso de um projeto de vários edifícios, a construção dos mesmos em banda, reduz as áreas de exposição solar. Na fase de projeto, devem ser bem estudadas e maximizadas as áreas passivas de um edifício. A iluminação natural, a ventilação natural e a configuração e arranjo dos espaços internos devem ser privilegiadas na conceção de um edifício.
Orientação Solar	Deve privilegiar-se sempre a correta disposição dos edifícios em função do percurso solar. Por exemplo, os quartos quando orientados a nascente recebem menos radiação solar e tornam-se mais frescos. Nos climas quentes, os alçados virados a poente devem ser protegidos e os compartimentos destinados à cozinha ou dispensa devem ficar localizados a poente. A iluminação natural no interior dos mesmos é outro dos fatores a ter em conta na fase de projeto. No caso de Moçambique, por exemplo, deve ser evitada a orientação a sul dos edifícios.

Dada a demasiada informação relativa ao estudo das técnicas abordadas, decidiu-se fazer na Tabela 3.6, uma síntese das técnicas e respetivo desempenho, das principais estratégias de construção segundo requisitos bioclimáticos. A mesma apresenta-se de seguida.

Tabela 3.6 - Síntese das técnicas de Construção Bioclimática segundo os seus requisitos, técnicas e contributos nas estratégias de Sustentabilidade

REQUISITO	TÉCNICA	DESEMPENHO
Sombreamento das Fachadas	<p>Uso de dispositivos fixos como palas horizontais, grelhas ou aletas verticais.</p> <p>Uso de dispositivos ajustáveis com estores, persianas, palas venezianas, aletas giratórias, placas horizontais, toldos, cortinas e pérgulas.</p> <p>Uso de Vegetação apropriada</p> <p>Sombreamento por prédios Vizinhos</p> <p>Espaços Internos e Intermédios como Varandas, Pátios, Átrios e Arcadas.</p>	<p>No caso de Moçambique, as palas horizontais usadas na área acima das janelas orientadas a norte e sul proporcionam um bom nível de sombreamento. Na fachada nascente e poente o uso de dispositivos verticais é mais aconselhado. O uso de sistemas de grelhas oferece vantagens em termos de privacidade, no entanto, no seu projeto devem ser equacionadas as necessidades de luz e ventilação natural.</p> <p>Os dispositivos ajustáveis são eficazes pois podem ser regulados para diferentes ângulos de incidência de radiação solar.</p> <p>Em algumas regiões tropicais, como Moçambique, é preferível a utilização de árvores de folha perene.</p> <p>O sombreamento dos edifícios vizinhos deve ser considerado em fase de projeto.</p>
Revestimento da Envoltura Exterior	<p>Utilização de elementos reflexivos nas fachadas;</p> <p>Utilização de elementos de cor clara de preferência branca;</p> <p>Utilização de Tintas ou Azulejos de cor clara.</p>	<p>A pintura de cor clara é o meio eficaz e económico para diminuir a entrada de calor num edifício, refletindo a radiação solar. Com a reflexão da radiação solar, os ganhos internos serão menores. Contudo, em algumas situações a reflexão pode não ser desejável pois pode proporcionar ganhos em prédios vizinhos.</p>
Envidraçados	<p>Dimensionamento correta das áreas de envidraçado;</p> <p>Escolha correta dos tipos de vidros;</p> <p>Utilização de vidros duplos quando possível;</p>	<p>Em países de clima quente, a área de envidraçado deve ser reduzida. Em Moçambique é recomendável que não ultrapasse 40% da área da fachada a Norte e a Sul e 20% a Nascente.</p> <p>A utilização de vidros duplos reduz significativamente a penetração da radiação</p>

	<p>Utilização de vidros de baixa emissividade quando possível;</p> <p>Proteção dos envidraçados.</p>	<p>solar no interior das habitações. A escolha de vidros de baixa emissividade deve ser sempre ponderada, embora acarrete custos maiores. Estes vidros podem ser quase opacos à radiação infravermelha, reduzindo a transmissão da energia solar.</p>
Isolamento	<p>Aumento da resistência térmica e controlo dos ganhos internos por condução;</p> <p>Localização do isolamento;</p> <p>Colocação preferencialmente pelo exterior, ou entre panos de alvenaria;</p> <p>Uso de Sistemas mistos nas coberturas, ou de sistemas com barreira radiante.</p>	<p>É uma das técnicas mais eficazes para a redução das necessidades energéticas. O isolamento correto das coberturas é prioritário em regiões tropicais. O isolamento externo é preferível ao isolamento de cavidade.</p> <p>Nas coberturas, o isolamento é prioritário. A ventilação correta de sistemas com barreiras radiantes permite uma dissipação de calor e consequentemente uma diminuição dos ganhos internos da habitação.</p>
Ventilação Natural	<p>Ventilação por ação do vento;</p> <p>Ventilação por efeito de chaminé (torres de vento);</p> <p>Ventilação fornecida por aberturas nas fachadas.</p> <p>Ambos resultam de fenómenos de convecção ou por diferenças de pressão;</p>	<p>A renovação do ar no interior de uma habitação ocorre essencialmente por diferenças de pressão. Através de algumas técnicas passivas, pode-se reduzir substancialmente a necessidade do uso de sistemas mecânicos. A ventilação designado por “efeito de chaminé” é mais indicada para edifícios em altura, e para situações em que o vento a ação do vento não proporciona movimentos de ar suficientes para a sua extração por movimento forçado</p>
Inércia Térmica	<p>Elementos construtivos maciços</p>	<p>Um edifício com grande inércia térmica tem tendência a armazenar energia, retardando as trocas por condução e reduzindo os ganhos internos. As paredes e a estrutura devem ser convenientemente expostas ao fluxo de ar, evitando o uso de tetos falsos e outros elementos. Para aumentar a inércia térmica muitas vezes é suficiente aumentar a exposição em massa térmica.</p>
Arrefecimento Evaporativo	<p>Uso de vegetação em espaços urbanos exteriores;</p> <p>Utilização de pátios e átrios com vegetação.</p>	<p>A vegetação contribui para reduzir ligeiramente a temperatura do ar através do processo de evapotranspiração que resulta da fotossíntese. Estas estratégias são particularmente eficazes, quando o teor de humidade relativa não ultrapassa os 60%,</p>

Controlo de Ganhos Internos	<p>Uso de iluminação com baixos níveis de iluminação;</p> <p>Potenciar e controlar a luz natural;</p> <p>Correta localização de aparelhos mecânicos em compartimentos com maiores taxas de ventilação, ou climatização especial;</p> <p>Organização espacial</p>	<p>Estima-se que por cada 1 KWh evitado para iluminação, se poupa cerca de 0.3 KWh de eletricidade usada pelo ar condicionado.</p> <p>Reduzir os excessivos ganhos internos gerados pelos ocupantes, através de uma boa gestão dos espaços também contribui para a redução dos ganhos internos, assim como a organização e gestão espacial dos espaços.</p>
Manuseamento Correto de Controlos Ambientais	<p>Utilização de sistemas de redução do consumo de energia;</p> <p>Abertura de janelas para ventilação natural;</p> <p>Ajusto correto de sombreamento por parte dos ocupantes;</p> <p>Utilização devida de ventoinhas.</p>	<p>O desempenho deste tipo de sistemas é regulado por controlos operacionais dos habitantes. O correto manuseamento destes é essencial para a redução no consumo de energia. É importante que os ocupantes se apercebam que a sua correta utilização leva a níveis de maior eficiência dos próprios sistemas. No entanto, o papel dos fabricantes destes sistemas também é importante, devendo o <i>design</i> ser simples por forma a facilitar a compreensão intuitiva no seu uso.</p>

3.2. Energias Renováveis

A atual conjuntura ambiental exige o uso de fontes de energia com emissões de CO₂ inferiores às atuais. As alterações climáticas causadas pelo aumento da temperatura média global é uma das consequências implícitas na exploração de combustíveis fósseis. É neste contexto, que cada vez mais, torna-se necessário a redução das emissões de CO₂ e outros poluentes, conseguido através do uso de energias mais limpas e inesgotáveis. Deste modo, é impreterível abordar na presente dissertação algumas das principais tecnologias existentes. A energia é um fator de melhoria das condições de vida e de criação de novas e melhores oportunidades de geração de rendimento e de melhoria das condições de vida das populações pobres. Por si sós, os serviços energéticos também podem constituir fontes de emprego e novos empreendimentos no seio das populações pobres. O fornecimento de serviços energéticos modernos aos pobres é, por conseguinte, não apenas uma necessidade mas também uma oportunidade para acelerar o desenvolvimento e aliviar a pobreza. Os serviços e tecnologias energéticos usados pelas famílias podem ser agrupados em três formas: 1) energia mecânica, 2) calor e 3) eletricidade. Todas as fontes de energia

existentes na natureza têm de ser transformadas numa ou noutra destas formas, em diferentes escalas e com diferentes preços e níveis de eficiência, para que possam ser úteis aos seres humanos. Os preços cada vez mais altos do petróleo, e as ameaças de mudanças climáticas, viraram a atenção do mundo para as fontes e tecnologias renováveis e fizeram crescer a sua competitividade e variedade de aplicações. O Sol e o Vento são duas fontes de energia renovável e são cada vez mais uma aposta na produção de energia. As diferenças térmicas do oceano e o movimento das ondas do mar são outras fontes de energia a explorar (Serra, 2010).

3.2.1. Solar fotovoltaico

A tecnologia fotovoltaica e solar passiva formam um sistema ideal, que vai de encontro aos princípios da sustentabilidade. Este tipo de energia tem merecido cada vez mais interesse no setor das energias renováveis. A energia que chega do sol, tem um valor médio de 1700 kWh/m² por ano, e o total anual é igual a aproximadamente 10000 o consumo global de energia. Esta tecnologia gera eletricidade a partir da luz, quer seja radiação direta ou difusa, e para tal são utilizados semicondutores normalmente feitos de silício uma vez que este recurso é bastante abundante na natureza. No entanto, o custo da purificação do mesmo é muito caro e acarreta elevados consumos de energia (Serra, 2010).

Os painéis solares fotovoltaicos são compostos por células solares (assim designadas) que captam a luz do Sol. Estas células são chamadas de células fotovoltaicas, ou seja, criam uma diferença de potencial elétrico por ação da luz. As células solares contam com o efeito fotovoltaico para absorver a energia do sol e fazem a corrente elétrica fluir entre duas camadas com cargas opostas. Os painéis fotovoltaicos não produzem resíduos ou ruídos, exceto no final da sua vida útil. Os elevados custos de investimento a curto e médio prazo, são sem dúvida um dos principais entraves ao uso deste tipo de tecnologia, embora se tenha observado uma descida continua nos preços de sistemas fotovoltaicos (Serra, 2010).

Em certos países de clima tropical como Moçambique, e em África em geral, o uso desta tecnologia pode ser uma mais-valia dada a forte intensidade solar que se faz sentir durante todo o ano. Contudo o atual conjuntura e potencial económico de alguns destes países dificulta tal investimento.

As políticas de sensibilização para uso destas tecnologias são também ainda muito incipientes. Usualmente, esta tecnologia é usada para aquecimento de água em residências, equipamentos industriais ou prédios comerciais, e para tal os coletores de aquecimento solar devem ser instalados nas coberturas dos edifícios.

No caso particular de Moçambique os coletores solares, devem ser orientados a Norte e com 30° de inclinação (Guedes et al., 2011).

3.2.2. Eólica

A energia do vento tem sido aproveitada, desde as civilizações mais antigas quando utilizam esta nos moinhos. Nos últimos anos, o modo como se obtém esta energia tem tido bastante evolução e atualmente as turbinas eólicas são uma excelente forma de produção de energia. Em 1993, nos EUA, a instalação de uma turbina eólica de 1,25 MW reuniu muitos engenheiros e cientistas, tornando-se este acontecimento num marco muito importante no desenvolvimento desta tecnologia. Desde então, a evolução tem sido constante e muitos desenhos de pás têm sido testados, vários materiais utilizados, operadas a diferentes velocidades e usando diferentes sistemas de controlo. Atualmente, as turbinas mais comuns são as de eixo horizontal com três pás, e a sua potência nominal nos modelos mais recentes pode ir desde 5 e 7 MW em grandes parques eólicos (Serra, 2010).

As zonas mais favoráveis para a produção desta energia encontram-se dispersas pelo Mundo, sendo mais propícia a ser aproveitada especialmente em zonas costeiras. O centro e norte da Europa, o litoral e zona centro da América do Norte, ou a zona sul da América do Sul são das regiões mais favoráveis para a exploração de energia eólica. Também nos mares, principalmente ao largo da costa, existe também um grande recurso eólico uma vez que as velocidades do vento aí medidas a 80 m de altura são em média, 90% superiores aos valores médios registados em terra (Archer & Jacobson, 2005).

Estima-se que a nível mundial, a produção de energia através dos recursos eólicos tecnicamente possíveis de serem aproveitados, ronde os 53 TWh/ano, quase o dobro do consumo de eletricidade global previsto para o ano 2020 (Serra, 2010).

3.2.3. Hídrica

Esta energia alternativa, a energia hídrica, resulta da água dos rios em movimento, águas essas que vão em direção ao mar e que para além de conduzirem a água das nascentes captam a água das chuvas. O movimento ou queda dessas águas das chuvas contém energia cinética que pode ser aproveitada para produzir energia.

A energia hídrica é uma energia renovável que já é utilizada há muitos anos. As civilizações antigas aproveitavam o relevo dos solos para utilizarem a água na agricultura, em terrenos de regadio. Os romanos por sua vez começaram a utilizar a água numa espécie de sistemas hidráulicos para a moagem dos cereais, ao longo dos anos esses sistemas vieram a ter uma grande utilização. No século XX, a energia hídrica começou a ser utilizada para a produção de energia elétrica. Neste contexto, hoje em dia a finalidade de energia hídrica é a produção de energia elétrica nas chamadas centrais hidroelétricas. Os recursos hídricos são vastos e possuem um grande potencial para o seu aproveitamento em transformação e produção de energia (Serra, 2010).

3.2.4. Sistemas Passivos Tradicionais que utilizam Energias Renováveis

Existem processos artesanais de autoconstrução de sistemas para aquecimento de água para uso numa pequena habitação, ou para a autoconstrução de um coletor solar. Neste subcapítulo serão apresentados, a título ilustrativo e representativo, alguns desses exemplos.

Processo de autoconstrução de um sistema com depósito para aquecimento de água

Conforme representado na Figura 3.14, os elementos necessários para a autoconstrução de sistema artesanal para aquecimento de água são os seguintes (Guedes et al., 2011):

- Depósito de 40-60 litros pintado de preto para absorver uma maior quantidade de calor;
- Uma caixa isoladora pintada de branco com tampo em vidro para isolar o ar quente;
- Uma tampa isoladora e refletora pintada de branco para melhorar a incidência do sol.
- De noite, esta serve para cobrir a caixa e conservar o calor ganho durante o dia;
- Um depósito de água fria.

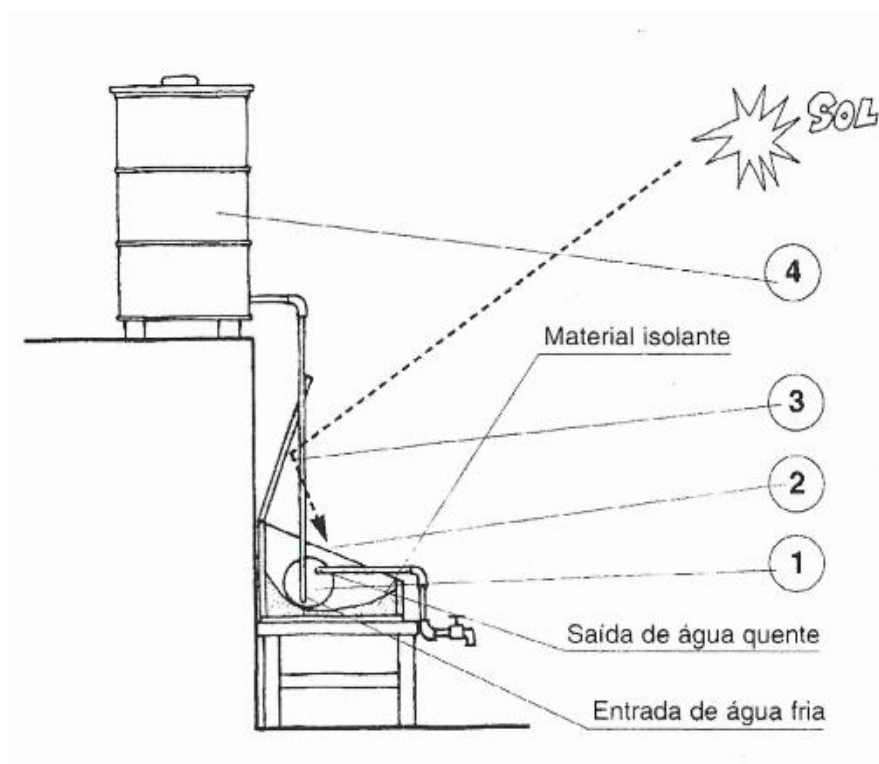


Figura 3.14 – Sistema com depósito para aquecimento de água (Guedes et al., 2011)

Para se rentabilizar este tipo de sistema de forma a aumentar a quantidade de água quente, podem ser instalados vários tanques ligados entre si. A Figura 3.15 ajuda a compreender melhor o mecanismo utilizado.

Em países como Moçambique, este tipo de técnica pode perfeitamente ser utilizado no meio rural, sendo obviamente bastante limitada.

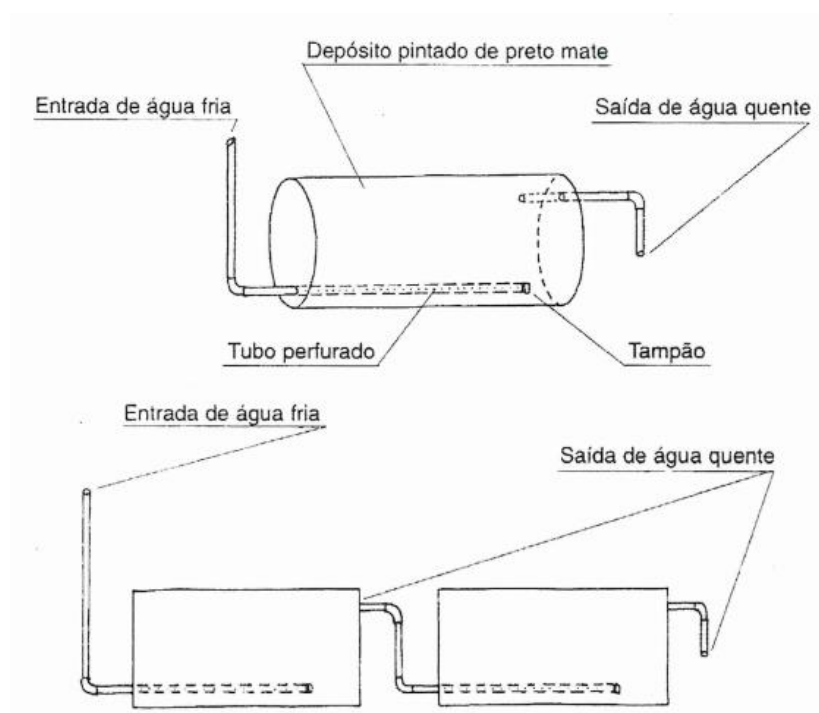


Figura 3.15 – Depósito de água isolado (em cima) e ligação de vários depósitos (em baixo) (Guedes et al. 2011)

Processo de autoconstrução de um coletor solar

Um depósito de combustível de um carro, por exemplo, pode ser também reutilizado e convertido num coletor solar de natureza artesanal. O Coletor pode ser abastecido por um depósito ou poderá mesmo ser ligado à rede de abastecimento de água doméstica. Estes podem ser ligados à rede de água doméstica ou abastecidos por um depósito. Para o coletor captar mais radiações solares deverá ser orientado a Norte, com cerca de 30° de inclinação e o mais próximo do tanque de forma a evitarem-se perdas na passagem de água. A tampa refletora deverá ter um dispositivo manual que permita a o seu fecho à distância, e é recomendado o uso de dobradiças para a construção deste sistema. A caixa quando fechado deve ser isolar o melhor possível de forma a evitar que se perca muito calor durante a noite.

A Figura 3.16 ajuda a compreender melhor como poderá ser feita a simples ligação do coletor ao depósito assim como a orientação privilegiada que o mesmo deverá ter para que a solução seja otimizada.

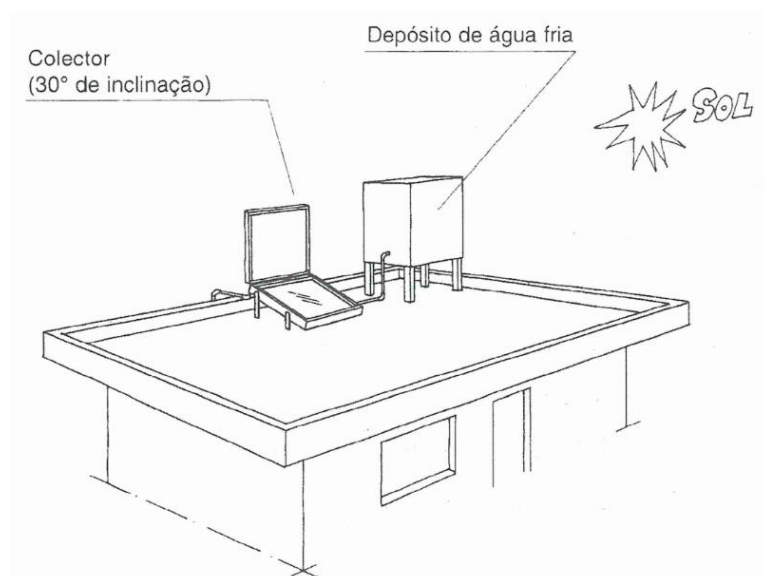


Figura 3.16 – Orientação e Inclinação de um Coletor Solar (Guedes et al., 2011)

3.2.5. Poupança de Energia

Como se sabe, o consumo energético mundial está em crescente aumento há alguns anos. Segundo os dados da *US Energy Information Administration's International Energy Outlook 2011*, a procura deste bem tende a aumentar quase 50% até 2035 (Gomes, 2012).

Para se poder quantificar numericamente a poupança de energia através das soluções estudadas, seria necessário fazer uma análise detalhada e pormenorizada do somatório das soluções apresentadas em termos de economia de energia, mas essa quantificação já vai para além do estudo proposto na presente dissertação. Neste capítulo, será feito um resumo das técnicas e soluções que contribuem para a poupança de energia assim como para o conforto e melhoria da qualidade de vida.

A consciencialização das populações para a prática de métodos passivos de construção e manuseamento dos edifícios, é o caminho correto para o alcance da sustentabilidade nas construções e consequente poupança de energia. A integração conjunta das soluções bioclimáticas estudadas anteriormente, com a escolha correta da localização das construções e dos materiais empregues, assim como o uso de energias renováveis e sistemas de aproveitamento e aquecimento de águas das, são importantes medidas, que conjuntamente permitem atingir significantes níveis de economia de energética.

Os modelos e as formas da arquitetura tropical são diversas, e para a análise do seu contributo energético será tido em conta o material utilizado, juntamente com os requisitos ambientais, económicos e sociais, além da sua durabilidade, facilidade de construção e manutenção.

Como foi analisado nos capítulos anteriores, o uso de materiais locais e naturais, permite preservar as tradições e culturas locais e sobretudo melhorar as condições de vida das populações.

A utilização de recursos que se adaptem sobretudo ao clima, permite reduzir significativamente os custos económicos, para além de ter importantes contributos ambientais. Além disso, a utilização deste tipo de materiais é capaz, de por si só, promover níveis de conforto bastante aceitáveis reduzindo desta forma a necessidade do uso de sistemas mecânicos.

A troca dos princípios básicos da construção, por benefícios estéticos e influências de modelos internacionais, pode trazer situações bastante indesejáveis. Como foi já referenciado, um edifício com fachadas envidraçadas e não sombreadas em clima tropicais, principalmente nas regiões mais quentes, apresenta um consumo energético excessivo devido à necessária utilização de aparelhos de climatização para combater os efeitos do sobreaquecimento, enquanto o mesmo edifício em regiões mais frias, pode ser uma ótima solução do ponto de vista energético.

Como já foi referido, para aproveitamento da água a instalação de sistemas de recolha de águas pluviais pode ser bastante conveniente e também a adoção de sistemas de reutilização de águas cinzentas, como são o caso de águas provenientes de lavagens, autoclismos e águas de rega, podem ser interessantes (Amado et al. 2009).

No que respeita à manutenção das soluções construtivas, a utilização de materiais naturais e locais permite também poupanças significativas. Por exemplo, no caso da substituição de um elemento qualquer, as soluções adotadas permitem que estas se processem com um custo reduzido, uma vez que, os materiais empregues são oriundos de locais próximos das habitações. O material dispensado, tratando-se de um material natural ou quase natural, permite também que possa ser reutilizados ou reciclado contribuindo mais uma vez para a economia de energia. Em Moçambique, por exemplo, é comum no espaço rural a utilização de construções que foram naturalmente aprimoradas por habitantes que utilizam o mesmo tipo de materiais de construção que os seus ancestrais usavam. Contudo, importa referir, que algumas das soluções não apresentam as mínimas condições de higiene, segurança salubridade para os seus ocupantes. A utilização de soluções construtivas que respeitem as necessidades do presente, e a sustentabilidade do futuro, deve ser procurada em soluções que encontrem a sua essência neste tipo de construção.

A construção e manutenção de uma habitação, quando feitas (em grande parte) manualmente e com materiais locais, não necessitam de muita energia no seu processo. Mesmo quando recorrem a soluções mecânicas, têm baixo consumo energético, uma vez que se podem utilizar materiais disponíveis no local da construção.

A extração e transporte da matéria-prima até ao local de construção representam consumos energéticos elevados em todo o ciclo de vida de uma construção. Contudo, todo o restante ciclo tem baixo consumo, devido a sua adaptação bioclimática, sendo geralmente desnecessário o recurso a aparelhos de climatização artificial.

Na presente dissertação, não se pretende que as pessoas voltem a habitar em casas de terra, pedra ou madeira, sem janelas e sem condições de habitabilidade exigidas atualmente, mas procura-se sim, a possibilidade de incorporação de algumas técnicas tradicionais e a utilização de

materiais mais sustentáveis nas soluções construtivas atuais. A utilização em associação com novas tecnologias, e novos materiais de construção, que não causem grandes danos ambientais e respeitem as necessidades básicas das populações e dos edifícios, são o caminho correto para dar resposta a algumas das futuras soluções construtivas para o mundo atual.

Neste contexto, é possível enunciar algumas adaptações das soluções tradicionais ao mundo atual, juntamente com a integração de novas tecnologias sustentáveis como:

- Sistemas de geração de energia (mini eólicas e painéis solares);
- Sistemas de captação e reaproveitamento de águas;
- Sistemas de aquecimento de águas sanitárias (coletores solares);
- Sistemas de eficiência energética (lâmpadas de baixo consumo, sensores de presença, etc.).

O uso misto de ventoinhas mecânicas ou aparelhos de aparelhos de ar condicionado, nas situações de notável necessidade, juntamente com a climatização natural, pode ser bastante eficiente. Contudo, é importante que estes sistemas sejam “alimentados” por energias renováveis.

3.3. Síntese de Capítulo

Em suma, o estudo das várias estratégias bioclimáticas adequadas para as construções em clima tropical permite minimizar os impactes ambientais reduzindo o consumo energético das habitações. O domínio e o correto manuseamento destas técnicas é uma importante medida a ter em conta na fase de projeto de qualquer tipo de edificação. O seu contributo torna-se essencial no contexto da sustentabilidade das soluções construtivas. A análise das construções, segundo estes princípios, deve ser feita a nível urbano e do edificado de forma a encontrarem-se soluções complementares. No Caso de Estudo apresentado no penúltimo capítulo, serão adotadas algumas destas estratégias.

O contributo das energias renováveis é urgente devido às alterações climáticas causadas pelo aumento da temperatura média global potenciado pelo uso de combustíveis de natureza fósil. O conhecimento e emprego de energias mais limpas e inesgotáveis nas futuras soluções construtivas torna-se impreterível na busca da sustentabilidade plena das edificações.

O conhecimento de algumas técnicas passivas tradicionais de autoconstrução que utilizam energias renováveis, como é o caso de sistemas artesanais para o uso de aquecimento de água, são também importantes soluções que podem e devem ser adotadas sobretudo em edificações destinadas ao meio rural.

Todos os conhecimentos adquiridos são extremamente importantes para a construção de novas soluções construtivas adequadas ao clima tropical.

4. O CASO DE MOÇAMBIQUE

4.1. Caraterização do País

Moçambique está localizado estrategicamente na costa oriental de África Austral, mais precisamente, no centro-sul voltado para o lado oriental da África, e apresenta a maior área de território com clima bastante seco. É a porta de entrada para seis países do interior. A Norte limita com a Tanzânia, a Oeste com o Zimbabwe, Malawi, Zâmbia e Swazilândia e a Sul com a África do Sul.

O país está dividido em 11 províncias: Niassa, Cabo Delgado, Nampula, Zambézia, Tete, Manica, Sofala, Gaza, Inhambane e Maputo, mais a cidade de Maputo que tem estatuto de província e governador provincial. Moçambique obteve a sua independência no ano de 1975, depois de dez anos de luta armada de libertação nacional. Nesta altura, cerca de 30% da população concentra-se nas cidades, e a restante nos campos (IDS, 2011).

A evolução histórica da população moçambicana é possível descrever apenas a partir de 1950, pois antes desta data não existem registos. Para este ano, a população total foi estimada em 6.5 milhões de habitantes, tendo mais do que duplicado 30 anos depois ao atingir os 12.1 milhões. Nos anos seguintes manteve-se a tendência crescente, passando sucessivamente para 16.1 milhões de habitantes em 1997 e 20.6 milhões em 2007 (IDS, 2011).

As principais cidades são Maputo, Beira e Nampula. Apesar da guerra, as catástrofes e epidemias, a taxa de crescimento populacional contínua bastante elevada e estes números tendem a aumentar.

Este país é o segundo grande território colonial em importância do espaço continental africano subsaariano de influência portuguesa, e apresenta um rico património arquitetónico.

A abordagem neste capítulo terá um maior enfoque no meio rural moçambicano.

4.2. Clima em Moçambique

No caso de Moçambique, este país apresenta um clima tropical quente, na generalidade, com uma série de variações regionais em virtude de fatores locais como a altitude, proximidade do litoral e latitude. A região norte está submetida à influência das baixas pressões equatoriais enquanto o sul é afetado por anticiclones tropicais e pela existência de correntes quentes do canal de Moçambique (Guedes et al., 2011).

No território, podem-se distinguir três zonas climáticas com variações significativas ao nível do clima. A região Norte e Centro, a região Sul e zona de Montanhas. A primeira é caracterizada pelo clima de monção, com uma estação seca de quatro a seis meses. Monção é a designação

dada aos ventos sazonais, que são de um modo geral associados à alternância entre a estação das chuvas e estação seca, que ocorrem em grandes áreas das regiões costeiras tropicais e subtropicais. A designação de Clima de Monção é utilizada para designar o clima das regiões tropicais onde o regime de pluviosidade, e a consequente alternância entre estações seca e chuvosa, é governado pela monção. A região Sul por sua vez é afetada por um clima mais seco, com uma estação seca que dura no geral entre seis a nove meses. Por último, as zonas de montanha são caracterizadas por um clima próprio tropical de altitude. Durante a estação chuvosa, os ventos dominantes são Nordestes na metade norte, e do Sul na parte sul do país (Guedes et al., 2011).

O clima em Moçambique, influenciado pelas monções do Oceano Índico e pela corrente quente do Canal de Moçambique, é de uma maneira geral, tropical e quente, variando, conforme as regiões, entre clima sub-húmido, seco e semi-árido. As temperaturas médias anuais variam entre 20°C no Sul e 26°C no Norte (22.5°C em Maputo, 24.1°C na Beira, 18.4°C em Vila Cabral), sendo os valores mais elevados durante a época das chuvas. Os valores médios anuais de humidade (RH%) são, em geral, relativamente elevados, situando-se entre os 65% (época seca) e 75% (época quente e húmida) (Guedes et al., 2011). São distintas duas estações do ano: a época seca e fria que varia entre os meses de Abril e Outubro, e a estação seca e húmida com chuvas, desde Outubro a Março. A partir de Outubro as chuvas começam a intensificar e continuam até Março ou Abril. No Sul o início das chuvas é muitas vezes mais demorado devido à influência dos centros de alta pressões do Indico e à convergência intertropical na zona do Transval (Guedes et al., 2011).

4.3. Condições de conforto térmico em Moçambique

Em Moçambique existe uma grande diversidade de perfis climáticos. As condições de conforto térmico foram estudadas anteriormente no capítulo 2.2.2 - Condições de Conforto Térmico. Neste capítulo, serão apenas abordados os diagramas psicométricos relativos a duas cidades de Moçambique, as cidades da Beira e Lumbo, visto que o diagrama da cidade de Maputo já foi anteriormente comentado.

Conforme referenciado aquando do estudo das condições de conforto térmico, Givoni (1969), definiu no diagrama psicrométrico as zonas de influência das várias técnicas de arrefecimento passivo. De forma a perceber-se melhor o que poderá significar os níveis de conforto de um edifício em Moçambique, apresentam-se os diagramas psicométricos referentes às cidades da, Beira e Lumbo, respetivamente a Figura 4.1 e Figura 4.2. A escolha destas duas cidades deve-se ao facto destas distarem muito umas das outras, contribuindo assim para a análise de níveis de conforto em situações distintas. A zona 1 representa a zona convencional de conforto de verão da ASHRAE. A zona 2 representa a zona de influência da ventilação diurna e a zona 3 a de influência da ventilação noturna. A zona 4 é a zona de influência da inércia térmica e a zona 5 a do arre-

fecimento evaporativo. Finalmente a zona 6 é a zona de influência do aquecimento passivo, enquanto a zona 7 é a zona onde é necessário o uso do ar condicionado.

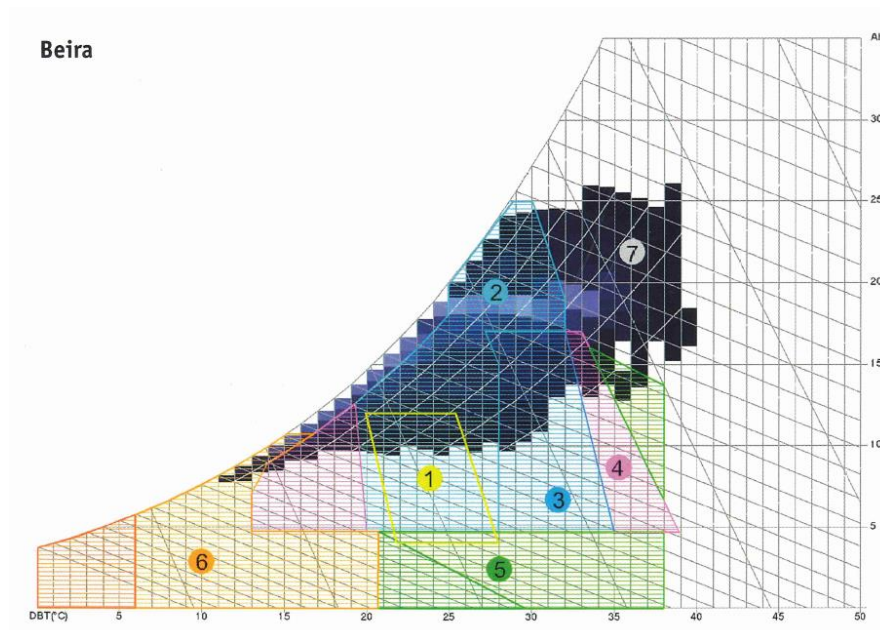


Figura 4.1 - Diagrama psicométrico referente à cidade da Beira (Guedes et al., 2011)

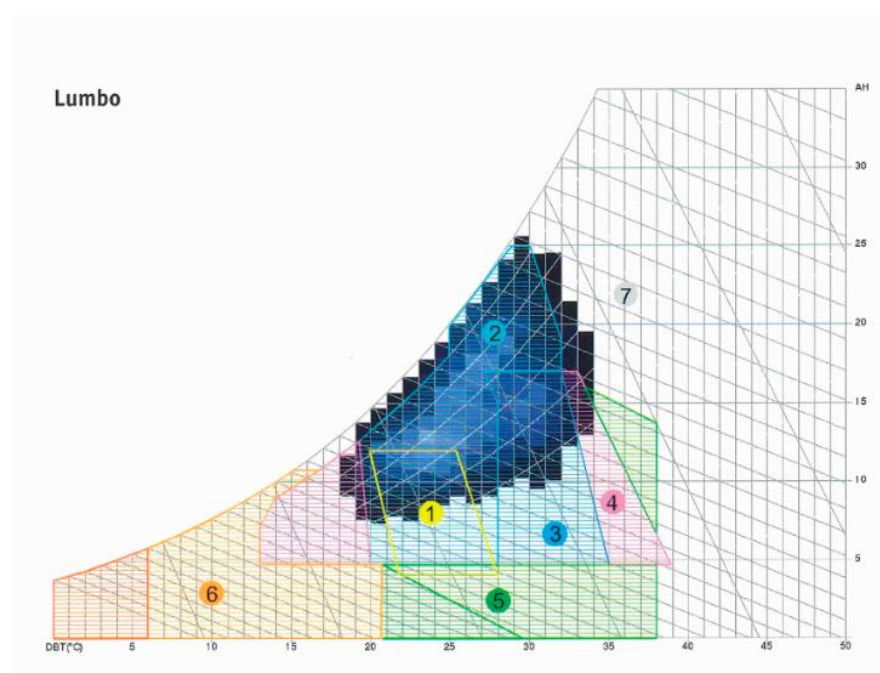


Figura 4.2 - Diagrama psicométrico referente à cidade do Lumbo (Guedes et al., 2011)

No caso da cidade da Beira, que apresenta valores mais elevados de temperatura e humidade, a principal estratégia de arrefecimento a utilizar será também a ventilação diurna, sendo

também necessário o desempenho de inércia térmica na estação seca. Durante a estação fria, poderão também ser necessárias técnicas ligeiras de aquecimento, que serão facilmente atingidas com a correta orientação solar. Para os períodos mais quentes, definidos pela zona 7 deste diagrama, serão necessários sistemas de arrefecimento mecânicos, preferencialmente o uso de ventoinhas de baixo consumo energético (Guedes et al., 2011). No caso da Figura 4.2, apresenta-se o diagrama psicrométrico referente à cidade do Lumbo. A escolha desta cidade pretende-se com a sua localização geográfica. A cidade do Lumbo pertence à província de Nampula e localiza-se no Norte de Moçambique, perto da cidade de Nacala e da Ilha de Moçambique. Pela análise do mesmo, verifica-se que pode também ser necessário o recurso a aparelhos de ar condicionado, definidos pela zona 7, embora em menor necessidade do que o caso anterior.

4.4. Principais Recursos Naturais em Moçambique

Moçambique é um país muito rico em diversos recursos naturais, começando pelo seu excelente solo, pelas suas densas florestas, passado pelos seus grandes rios e até às suas extensas reservas de diversos minerais e de gás natural. Para além desta diversidade de recursos, o país conta com um linha costeira de 2700 Km absolutamente paradisíaca e riquíssima também em peixe e crustáceos. Provavelmente, na opinião do autor, o recurso mais valioso de Moçambique é a pura riqueza da sua fauna e flora. A sua costa oceânica espetacular, com arquipélagos cheios de bancos de corais, os seus planaltos gigantes, as suas planícies e selva tropical, fazem deste país uma dádiva da Natureza. Moçambique é um país com imensos recursos naturais e os seus grandes rios são excelentes tanto para a agricultura como também podem em muitos casos ser aproveitados para a criação de energia hidroelétrica. As condições de extrema pobreza em que a maioria dos moçambicanos vive, origina uma grande pressão sobre os recursos naturais, que são para muitos o único meio de subsistência.

4.4.1. Agricultura

O território Moçambicano é excelente para a agricultura e apesar de esta ser a atividade económica mais importante para o país, apenas uma pequena parte deste é utilizada para este fim.

Segundo (Cumbe, 2007), o cajueiro e o coqueiro, duas das mais importantes culturas industriais em Moçambique, desenvolvem-se sobretudo na região costeira e sub-costeira. O primeiro encontra em todo o litoral moçambicano boas condições para a sua cultura, enquanto o segundo desenvolve-se sobretudo em manchas do litoral das províncias de Inhambane, Sofala, Zambézia e Nampula. Também na região litoral, onde a pluviosidade total anual é superior a 900 mm, a amplitude térmica é menor, a humidade (relativa) anda na ordem dos 75% e os solos são aluvionares, existem condições ideais o cultivo de arroz, amendoim, milho, cana-de-açúcar, legumes e mandi-

oca. A cana-de-açúcar e o arroz são cultivados principalmente nas margens do rio Púnguè, Búzi, Zambeze, Limpopo e Incomáti. Nas regiões planálticas e montanhosas, onde os solos são residuais, o algodão, o tabaco e as fruteiras encontram boas condições para a sua cultura. O cultivo de legumes, batata, cereais, chá e arroz é mais favorável em regiões de clima de altitude, com solos ferralíticos. No caso particular do chá este cultiva-se essencialmente nas terras altas da província da Zambézia, visto esta região ter chuvas durante aproximadamente 6 meses do ano, atingindo assim uma pluviosidade total anual superior a 2000 mm e desta forma reunir as condições necessárias para esta prática de cultivo. Nas vertentes de algumas montanhas existem também condições propícias para a produção de trigo, cevada, vinha e gengibre. Nas regiões onde a estação seca é predominante, as condições climáticas são mais propícias para o cultivo de mapira e meixoeira como é o caso de Tete, Gaza e Inhambane (Cumbe, 2007).

Na Tabela 4.1 encontram-se descritos os principais produtos agrícolas e também as principais espécies de cultura do território moçambicano.

Tabela 4.1 - Principais Produtos Agrícolas e Principais Espécies de Cultura

PRODUTOS AGRÍCOLAS	ESPÉCIES DE CULTURA
Algodão	Cajueiro (<i>Anacardium occidentale</i>)
Tabaco	Mafurreira (<i>Trichilia emética</i>)
Sisal	Mangueira (<i>Mangifera indica</i>)
Castanha de Caju	Imbi (<i>Garcinia livingstonei</i>)
Cana-de-açúcar	Ucanho (<i>Sclerocarya caffra</i>)
Chá	Stricnos (<i>Strichnos</i> spp.)
Copra (polpa do coco)	
Mandioca	

4.4.2. Hidrografia

Os recursos hídricos de Moçambique são vastos e encontram-se praticamente inexplorados. O país é de norte a sul atravessado por grandes rios, o que representam um grande valor e potencial não só para a agricultura, mas também para o desenvolvimento e fornecimento de energia hidroelétrica. A capacidade total desta fonte de energia é elevadíssima. O principal rio de Moçambique é o rio Zambeze e as principais bacias hidrográficas que drenam o país são: Rovuma, Messalo, Lúrio, Monapo, Ligonha, Montepuez, Licungo, Zambeze, Púnguè, Búzi, Inharrime, Limpopo, Incomáti, Umbelúzi, Tembe, Maputo, Save e Govuro (Cumbe, 2007). O rio Zambeze com cerca de 2.600 km de comprimento, é o 26º rio mais comprido do mundo e o 4º em África depois do Nilo (6.700 km), Zaire (4.600 km) e Níger (4.200 km). Este rio nasce na Zâmbia a cerca de 1.700 m de altitude. A barragem de Cabora Bassa, que é a maior do território moçambicano,

resulta do represamento das águas do rio Zambeze em Songo, na província de Tete. Cabora Bassa foi construída durante o período colonial português, tem a quarta maior albufeira de África, com uma extensão máxima de 250 km em comprimento ocupando cerca de 2700 km² e uma profundidade média de 26 metros. É ainda a maior barragem em volume de betão construída em África e o maior empreendimento do Estado Português no antigo império. É atualmente o maior produtor de eletricidade em Moçambique, com capacidade superior a 2000 megawatts e abastece Moçambique (perto de 250MW), África do Sul (1100MW) e Zimbabué (400MW). O rio Lúrio é outro grande rio de Moçambique. Com uma bacia hidrográfica de 60.800 km² (a maior totalmente moçambicana), nasce no monte Malema a mais de 1.000 m de altitude e tem cerca de 1.000 km de comprimento. Outro grande rio é o rio Rovuma. A sua nascente situa-se no planalto do Ungone (Tanzânia) e atinge Moçambique na sua confluência com o rio Messinge. A sua bacia hidrográfica em território moçambicano é de 101.160 km², sendo a maior parte do seu percurso em rio estreito, alargando-se apenas quando atinge a planície litoral. Em Moçambique existem também, para além das albufeiras, um elevado número de lagoas e lagos naturais de vastas origens. Os lagos tectónicos de maiores dimensões são o Chiúta, Niassa, Amaramba e Chirua, localizados na zona noroeste de Moçambique. O lago Niassa é o maior lago natural dos anteriormente inumerados e localiza-se na parte ocidental da província de mesmo nome. Este lago possui uma extensão de 28.678 Km² de extensão onde apenas aproximadamente 7000 Km² pertencem a território moçambicano, pertencendo o restante ao Malawi (Cumbe, 2007).

Na Figura 4.3, encontra-se representada a distribuição geográfica das bacias hidrográficas em território Moçambicano.

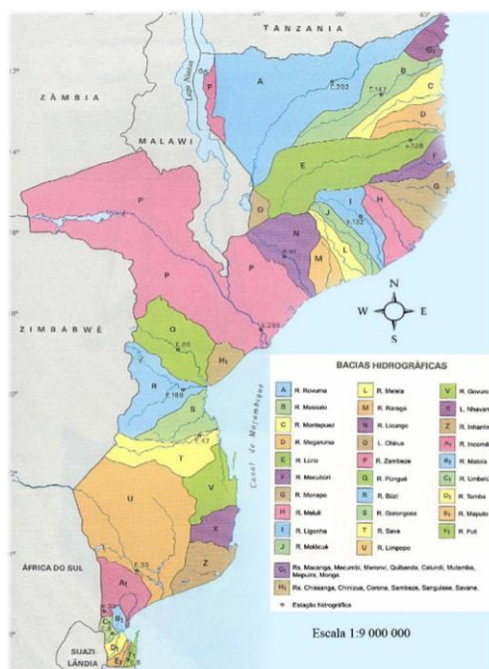


Figura 4.3 – Distribuição das bacias hidrográficas de Moçambique (Mined, 1986; Cumbe, 2007).

4.4.3. Minerais, Rochas e Recursos Energéticos (Fósseis)

Moçambique dispõe de uma grande variedade de rochas e minerais de vários tipos, com várias idades e muitos destes recursos geológicos constituem um elevado interesse económico. Os depósitos fósseis de maior interesse e dimensão encontram-se em geral a norte de Moçambique na Bacia do Rovuma. Moçambique possui uma vasta gama de recursos minerais, grande parte deles ainda não explorados, tais como: bauxite, minério de ferro, tantalite, pedras preciosas e semipreciosas, metais básicos, fosfatos, grafites, ouro, sal, rochas ornamentais, e semipreciosas, e outros. O país possui também enormes depósitos de areias pesadas ao longo da sua costa, tendo um deles, entrado em produção em 2007 em Moma estando previsto o desenvolvimento de muitos outros projetos deste tipo (Sampaio & José, 2011).

Como foi referido, o solo moçambicano é bastante rico em minerais e entre os principais minérios destacam-se: Grafite, Sal, Bauxite, Pedras Preciosas, Semipreciosas, Ouro e foram recentemente encontradas grandes reservas de Carvão, que contam entre as maiores do Mundo. Este minério começou a ser exportado em 2012 contribuindo com um dos principais fatores para o crescimento da economia. Um outro recurso de muita importância económica é o gás natural. Moçambique tem reservas de gás natural por explorar que contam entre as maiores do Mundo. De acordo com o Instituto Nacional de Petróleo, Moçambique possui mais de 2,8 biliões de metros cúbicos de reservas de gás, comparáveis às reservas do Iraque. O Tântalo, Titânio e Mármore são outros dos recursos naturais em destaca neste país, sendo as reservas do primeiro as maiores do Mundo.

Dado o elevadíssimo número deste tipo de recursos naturais em Moçambique, no âmbito da presente dissertação, apenas serão referidos os mais importantes.

Minerais

São variadíssimos os tipos de minerais em Moçambique. Os depósitos de ferro, manganês e titânio são exemplo de minerais bem presentes em Moçambique com diferentes tipos de mineralizações de ferro e manganês. O Fe-quartzito e as Formações de Ferro Bandeadas (*Banded Iron Formation-BIF*) são um desses tipos de mineralização, e ocorrem em rochas do Arcaico e Proterozoico, em rochas arcaicas de Manica e em jazigos bandeados de idade arcaica em Mavita, nas localidades de Tseyserra, Chepecuto, Mocuba, Xigundo e Mussapa. Os “BIFs” ocorrem principalmente nas províncias de Tete, Nampula, Zambézia e Cabo Delgado. Os Fe-quartzitos ocorrem sobretudo na província de Tete. Quanto aos jazigos de manganês estes localizam-se no grupo de Rushinga, a sudoeste da província de Tete na fronteira com o Zimbabwe. O maior depósito de dióxido de titânio do mundo ocorre no Chibuto (província de Gaza). Quanto às concentrações de areias pesadas, pode concluir-se que estas ocorrem em geral em toda a costa moçambicana. Os depósitos mais importantes por sua vez localizam-se na província da Zambézia (Moebase, Mecalonga e Tigen) e na província de Nampula (Congole, Quinga e Moma) (Cumbe, 2007).

A prata e o ouro são dois dos minerais com maior valor económico do Mundo, e o primeiro ocorre parcialmente em associação com o segundo nas províncias de Tete e Manica. Os depósitos de ouro ocorrem também nas províncias de Cabo Delgado, Niassa, Nampula, Zambézia e Sofala (Cumbe, 2007). Em Maio de 2007, foi inaugurada uma empresa vocacionada para a prospeção e extração de ouro na província de Manica, pertencente a um consórcio que engloba empresas de capital angolano e português.

Como referido inicialmente, a quantidade e tipos de minerais presentes em território moçambicano é variadíssima, no entanto, o estudo mais aprofundado dos mesmos sai fora do âmbito proposto na presente dissertação.

Rochas

São vários os tipos de rochas presentes em Moçambique como a Bauxite, Sienito Nefelítico, Pegmatitos, Bentonite, Mármore, Granito (vermelho, castanho ou negro), Calcário, Anortosito e Ladradorito. Na presente dissertação optou-se por estudar aquelas de são do conhecimento mais comum. O Mármore, por exemplo, é uma rocha metamórfica muito presente em território moçambicano. O mármore ocorre em todas as unidades do Proterozóico de Moçambique (Cumbe, 2007).

Os depósitos de mármore mais conhecidos, e mais estudados, são os de Montepeuz e Netia. Na Metolola (província da Zambézia) e em Malula (província de Niassa) onde existem importantes reservas contendo este tipo de rocha (Afonso & Marques, 1993).

Os granitos vermelhos e castanhos são outras das importantes rochas presentes em Moçambique. Os primeiros tratam-se de rochas granulares de cor vermelha (ou rósea) devido à coloração do feldspato potássico. Estes ocorrem em maior abundância no monte Tchonde (província de Niassa). Os granitos castanhos por sua vez ocorrem em várias províncias mas são mais abundantes na de Tete (Lächelt, 2004).

Os granitos negros são outro dos tipos de granitos presentes em Moçambique e são caracterizados por terem uma cor que varia entre cinzento, cinzento-escuro a verde. Estes ocorrem com mais frequência em Gôndola, na província de Manica e em Memba, próxima de Nacala na província de Nampula (Cumbe, 2007).

O calcário é uma das importantes matérias-primas usadas na indústria da construção, por exemplo na produção de cimentos. Esta rocha, segundo Lachelt 2004, ocorre em termos genéricos em bacias sedimentares meso-cenozóicas como (Lächelt, 2004).

- Salamanga, Sábiè e Magude (província de Maputo);
- Nacala (província de Nampula);
- Inharrime, Morrumbene-Homoíne, Vilankulo e Jofane (província de Inhambane);

- Mapulanguene e Massingir (província de Gaza);
- Rio Save (províncias de Inhambane, Manica e Sofala);
- Pemba e Mocímboa da Praia (província de Cabo Delgado);
- Búzi e Cheringoma (província de Sofala).

Recursos Energéticos (Fósseis)

Os recursos energéticos que são atualmente mais explorados em solo moçambicano são o gás natural e o carvão. Como já foi referido, este país é detentor de extensas reservas de gás natural e de minerais como o carvão. Os principais jazigos de gás natural pertencem às regiões de Temane, Pande e Búzi e há também indícios deste recurso próximo de Divinhe e Inhaminga. O maior jazigo de gás natural é o que pertence à província de Inhambane mais concretamente em Pande, com importantes reservas que se encontram atualmente em exploração. Outro jazigo que também já se encontra em exploração é o de Temane na província da Zambézia. Recentemente foi descoberto na Bacia do Rovuma uma grande reserva de gás natural que está entre as maiores do Mundo (Cumbe, 2007).

O carvão é outro dos importantes recursos que existem em abundância em Moçambique. Este encontra-se principalmente depositado na formação de Moatize na província de Tete. O jazigo de Moatize foi objeto de exploração mineira já no século passado, começando a sua exploração a céu aberto e em pequena escala. Atualmente existem diversas empresas internacionais que lavoram na extração deste recurso como é o caso da empresa brasileira Vale e do Rio Tinto. O carvão extraído destas minas apresenta grande qualidade, tendo 7000 calorias com uma percentagem volátil de 22%. Com estas características o carvão pode dar coque, combustível indispensável à indústria de alta metalurgia. O depósito de carvão de Moatize é formado por rochas de origem sedimentar, como arenitos e siltitos que são as litologias correspondentes a rocha estéril (Sampaio & José, 2011).

Relativamente um dos mais importantes recursos a nível económico, o petróleo, existem em Moçambique indícios da possível ocorrência deste recurso, mas atualmente ainda não foram encontradas quantidades deste que permitam uma exploração economicamente viável. Existem esperanças, neste ponto de vista, de que o petróleo ainda possa vir ser descoberto uma vez que a Bacia do Rovuma e a Bacia de Moçambique apresentam condições litológicas e tectónico-estruturais para a formação destes hidrocarbonetos.

4.4.4. Recursos Florestais

Moçambique possui uma enorme diversidade de recursos florestais. É um dos países da África Austral que tem florestas naturais com altos valores ambientais, económicos e sociais. A extração de madeiras nas florestas representa um enorme potencial económico. A grande maioria

da população de moçambique depende da biomassa florestal para o uso doméstico tanto na confecção de alimentos como para aquecimento, este último naturalmente em menor quantidade. Estima-se que 40,1 milhões de hectares, que corresponde a cerca de 51% do território Moçambicano, é coberto por florestas. A província de Niassa é a que contribui com maior área de floresta produtiva, com um total aproximado de 6.05 milhões de hectares. Seguem a Zambézia com 4,11 milhões de hectares e as províncias de Tete e Cabo Delgado com 3.34 e 3.18 milhões de hectares (Afonso, 2012).

A quantidade e tipos de madeiras presentes em território moçambicano é variadíssima saindo do âmbito de estudo proposto na presente dissertação. No entanto, no subcapítulo seguinte será feita nova referência a este recurso.

4.5. Recursos Naturais em Moçambique aplicáveis na Construção

Existem diversos recursos naturais como o sisal, o bambu ou a própria terra que podem ser utilizados no setor da construção. A capacidade dos solos moçambicanos para o cultivo e produção dos mesmos reúne em muitas regiões as condições ideais. Como foi anteriormente referido, muitos destes recursos foram durante século aplicados nas construções mais tradicionais. Atualmente ainda são visíveis alguns exemplares em território moçambicano, particularmente nos meios rurais, mas muitas destas habitações não reúnem as condições de habitabilidade exigidas nos tempos atuais.

Mais recentemente, têm sido desenvolvidos em vários países estudos relativos à incorporação de alguns destes materiais nas construções. A incorporação futura deste tipo de recursos em novos materiais através de novas técnicas e soluções, assim como a sensibilização da população para o seu uso, torna-se extremamente importante no plano da sustentabilidade e da economia energética.

Atualmente, segundo o autor, já existem no país algumas empresas que trabalham neste sentido. Na província de Nampula por exemplo, o projeto de produção de bambu para diversos fins tem vindo a despertar o interesse de empresas do setor privado envolvido em atividades agrícolas. No caso da produção de sisal, importa referir que esta também tem grande potencialidade em território moçambicano e existem atualmente algumas empresas que exploram este recurso.

Dentro dos materiais naturais aplicáveis no setor da construção em Moçambique salienta-se ainda a existência de argilas, vários tipos de areias, saibro, entre outros, conferindo assim ao país auto-suficiência em recursos minerais neste domínio. Contudo importa referir que a extração dos mesmos é uma atividade que deve ser controlada no plano da sustentabilidade. Por essa razão, na presente dissertação, a análise deste capítulo terá um enfoque particular nos recursos disponíveis que não coloquem em causa os princípios inerentes à construção sustentável (Sampaio, 2011).

A madeira é outro dos materiais naturais com relativa abundância em território moçambicano. Dadas as suas boas características mecânicas, o uso deste recurso como material de construção foi preterido desde sempre. Existem várias espécies, tamanhos, formas e cores que possibilitam satisfazer diferentes gostos e necessidades. Este recurso natural bastante abundante, quando devidamente controlada a sua exploração, pode ser aproveitado de forma rentável, elevando a construção para um estado mais sólido, mais natural, mais saudável e também mais ecológico. No entanto, importa perceber quais os tipos de madeiras mais utilizadas no setor da construção. Na Tabela 4.2 apresentam-se os tipos de madeiras mais usais em Moçambique assim como as suas principais finalidades.

Tabela 4.2 - (Site: www.hiper-activa.pt/madeiras_de_mocambique)

Nome Popular	Nome Científico	Uso
Chanfuta - Doussie	Afzelis quazensis	Portas, janelas, pisos, escadas
Missada-Muaye-tali	Erythrophloeum suaveolens	Construção pesada, ferroviárias
Panga-Panga' - Jambire - Wenge	Millettia Stuhlmannii	Soalhos, construção civil geral
Umbila - Imbila - Mebila	Pterocarpus Angolensis	Mobiliário, soalhos

Dos recursos naturais até agora estudados, enunciam-se agora resumidamente na Tabela 4.3, aqueles que se encontram com maior abundância no território moçambicano e que podem ser aplicáveis no setor da construção. Serão também evidenciadas algumas características e pressuposto desempenho de alguns destes materiais.

Tabela 4.3 – Principais Recursos Naturais de Moçambique Aplicáveis na construção

RECURSO	USO	CARACTERÍSTICAS/DESEMPENHO
Terra Crua	Paredes de alvenaria; Pisos	Moçambique possui em muitas regiões solos argilosos, com as características necessárias para utilização de algumas técnicas que utilizam terra crua. Estas requerem o uso de um solo plástico e argiloso, portanto devem ser sobretudo utilizada em locais onde é possível também encontrar água. O solo argiloso fissa quando seca devido a retração, por isso, no caso dos blocos de adobe, é costume reforçar o mesmo com fibras vegetais ou sintéticas para minimizar a fissuração. É recomendado para a construção em adobe que o solo tenha a seguinte constituição: 55-75%

		de areia; 10-28% de silte; 15-18% de argila; < 3 % de matéria orgânica. Esta técnica está atualmente a cair em desuso, dadas as limitações que o material apresenta perante as exigências do atual panorama das construções.
Pedra	<p>Paredes de alvenaria;</p> <p>Paredes estruturais;</p> <p>Produção de cimento;</p> <p>Produção de betão;</p> <p>Pisos;</p> <p>Elementos decorativos;</p> <p>Entre outros.</p>	Em Moçambique, são vários os tipos de rochas que se podem encontrar. É o recurso com menor transformação no processo de construção, podendo ser utilizado sem ser feita alguma alteração. O calcário é uma das importantes matérias-primas usadas na indústria da construção na produção de cimentos. Já o Granito e o Mármore são também duas importantes rochas bastante procuradas por este setor. As pedras naturais adquirem várias funcionalidades e constituem diversas aplicações na construção civil, transcendendo, não só, um valor estético, como também um mecanismo estrutural. No entanto, importa referir que a extração de muitos destes materiais é uma atividade que deve ser ponderada, regada no plano da sustentabilidade.
Bambu	<p>Elementos estruturais;</p> <p>Painéis de vedação;</p> <p>Barreiras acústicas contra os ruídos;</p> <p>Barreiras aos ventos;</p> <p>Fabricação de móveis, utensílios e artesanato</p>	É um produto milenar, ecológico e com várias utilidades no setor da construção e ultimamente tem voltado a despertar o interesse deste setor. Este material é extremamente ecológica, forte, durável e de fácil transporte. Contudo possui baixa elasticidade, baixa aderência ao betão, limitação de diâmetros e comprimentos, e um variado teor de humidade. No entanto é um material renovável com grande disponibilidade e rápido crescimento, e quando bem escolhido, bem tratado e protegido da humidade e de insetos, o bambu tem grande durabilidade. É um ótimo material no panorama da sustentabilidade. No caso particular de Moçambique, na opinião do autor terão de ser desenvolvidas mais medidas de sensibilização para a produção e aproveitamento deste material.

Colmo	Coberturas; Paredes leves.	É um ótimo material isolante térmico. A sua durabilidade em coberturas é geralmente de 3 a 7 anos, no entanto, se for de boa qualidade, com regular e correta manutenção, pode durar mais de 30 anos. Existem atualmente produtos químicos que aumentam a sua durabilidade. O desempenho para coberturas depende também da forma do telhado, do local, da qualidade do material e da perícia de quem o construiu. É aconselhável uma inclinação mínima de 30 graus e uma espessura mínima de 20 centímetros para permitir que as águas das chuvas escoem rapidamente evitando que a cobertura retenha água.
Madeira	Estruturas; Pavimentos; Cofragens; Habitações; Coberturas; Passagens pedonais; Pontes rodoviárias	A relativa abundância da madeira na natureza, juntamente com as suas boas características mecânicas, levou ao uso deste como material de construção desde sempre. Existem várias espécies, tamanhos, formas e cores que possibilitam satisfazer diferentes gostos e necessidades. É um material esteticamente agradável e com elevado desempenho estrutural. Engloba peças de madeira serrada utilizadas em pontes, estacas, postes, escoras, travessas ferroviárias, etc.. Os produtos estruturais, como a madeira lamelada coladas, são desenvolvidos a partir de fibras de madeira orientadas para boas resistências estruturais. As suas características e desempenho dependem obviamente do tipo de proveniência e aplicação pretendida.
Sisal	Cordas; Fios; Melhoramento do desempenho de blocos de BTC.	O Sisal pode ser usado como forma de melhorar o desempenho de determinados materiais. Atualmente existem estudos na incorporação deste material na produção de blocos de BTC dadas as potencialidades na incorporação deste tipo de resíduo nesta tipologia de material. Para a produção dos mesmos, os recursos necessários são fáceis de baixo custo e fáceis de se obter. A energia gasta no processo de fabricação é bastante reduzida e portanto a produção industrial deste tipo de material deve ser tida em conta.

4.6. Estado da Construção em Moçambique

As condições de vida do povo moçambicano continuam em geral a ser bastante precárias. A habitação de uma típica família caracteriza-se por não ter água canalizada, eletricidade, casa de banho e o piso desta é geralmente de terra batida. Neste capítulo serão abordadas as técnicas tradicionais, alguns exemplos que ainda permanecem da construção colonial portuguesa, e algumas soluções construtivas encontradas atualmente.

4.6.1. Arquitetura Vernacular

As raízes da arquitetura vernacular encontram-se ainda hoje bem visíveis em Moçambique, sobretudo nas zonas rurais.

Como foi anteriormente abordado, no Capítulo 2 da presente dissertação, neste tipo de arquitetura tradicional os materiais maciços mais comuns na envolvente das habitações são: o tijolo de adobe, a taipa e a pedra, sendo o colmo o material mais comum nas coberturas.

Verificou-se também que neste tipo de habitação, há uma evidente preocupação em proporcionar sombreamento nas fachadas, por meio de prolongamento da cobertura e, se possível, por meio de aproveitamento das sombras fornecidas pelas árvores. As coberturas de quatro águas são as tradicionalmente mais usadas. É também muito comum neste tipo de construção vernacular, a quase ausência de janelas em fachadas e a ventilação é conseguida por folgas, na maior parte das vezes entre a parede e a cobertura. A geometria das plantas apresenta usualmente forma retangular.

Na Figura 4.4 são apresentados alguns exemplos atuais que caracterizam este tipo de construção.



Figura 4.4 - Habitações vernaculares tradicionais com cobertura de colmo

4.6.2. A influência portuguesa em Moçambique (Construção Colonial)

A influência de Portugal sobre a cultura e edificação de Moçambique remonta ao início do século XVI, deixando vestígios na costa a norte e na zona central do território, principalmente

em Quelimane, Ibo e ilha, onde se verifica também alguma influência da cultura islâmica e índica. Após o período ocorrido entre o século XVI E XVIII, inicia-se no final do século XIX e início do século XX a concentração de edificações dos núcleos urbanos mais importantes da zona central alargando-se às zonas implementadas pela construção das linhas de caminho-de-ferro primárias. Passado este período, surge em 1875 a edificação arquitetónica e a urbanização de novas cidades, verificando-se também a estruturação de regiões do interior como Nampula, Niassa, Vila Cabral, Vila Pery, Manica, Sofala e Rio Limpopo, desenvolvendo-se, de igual modo, a rede ferroviária nacional. Este foi um período marcante para a definição do território moçambicano, onde se verificou o início de processo de urbanização, e a continua colonização, dando início ao desbravamento e reconhecimento territorial, estabelecendo-se a dominação militar e a consequente estruturação administrativa, dando origem um novo começo. (Site: <http://www.hpip.org>)

No que respeita ao tipo construções adotada pelos portugueses em Moçambique, existem muitos bons exemplos de boas práticas. O prolongamento das coberturas como forma de proteção solar das fachadas era uma das técnicas usadas nestas habitações conforme ilustra a Figura 4.5



Figura 4.5 - Construção colonial portuguesa em Moçambique

Em 1887, Lourenço Marques é elevada a cidade e em 1898 a capital da Província Ultramarina de Moçambique. Os fatores que originaram estas mudanças são a sua localização numa baía de fácil acesso em qualquer época do ano, e a posição estratégica de entrada no território sul-africano, que determinam o papel que o porto desempenharia (Melo, 2013).

Conceito de Cidades Jardim

Segundo (Albuquerque, 1998), na produção de cidade ocorrida nas ex-colónias portuguesas durante os três primeiros quartéis do século XX, é possível encontrar-se um fio condutor de um modelo preferencial de cidade. Analisando suas fontes e realizações no continente africano, acha-se a persistência da aspiração pela cidade jardim. Essa procura foi mais intensa, duradoura e conspícua do que a de modelos alternativos de cidades, oriundos do velho continente, tais como a cidade em quadrícula oitocentista ou a cidade racional da Carta de Atenas.

O conceito da “cidade-jardim” nas ex-colónias tratava-se de um modelo formal que dela se disseminou a partir da sua raiz *Howardiana*. No caso das colónias, ao contrário do que se sucedia em muitos países desenvolvidos, não se procurava combater a proliferação incessante das cidades industriais nem se tentava estabelecer um equilíbrio entre os dois ímanes da cidade e do campo. Nos anos 40, as indústrias urbanas são incipientes, encontravam-se no seu início e por isso não havia necessidade de um cinturão agrícola. Neste contexto, o objetivo não se tratava de reproduzir a experiência que se estava a fazer sentir na Europa e na América com a criação de subúrbios-jardim. Nas colónias portuguesas, e no caso de Moçambique, tratava-se de enraizar cidades e de passar aglomerados mono funcionais e diminutos para o estatuto de cidades com variedade de funções, distinção de centro e periferia e disponibilidade para uma construção ordenada. São quase cidades novas que se projetaram, ocupando zonas extensas e proporcionalmente dominantes dessas novas cidades. O tema da cidade-jardim surge com um propósito de qualificar áreas de residência destinadas os colonos portugueses, onde se previa a instalação em grande número. A cidade-jardim era a forma mais atraente de disputar a presença desses novos colonos e das suas famílias, amenizando desta forma o desconforto térmico proporcionado pelo clima tropical, fornecendo sombras, contínuos de verdura e frescura numa terra estranha e bastante quente (Albuquerque, 1998).

4.6.3. Análise da Situação atual das cidades de Moçambique

No índice de desenvolvimento humano das Nações Unidas reportado no relatório de 2013 da ONU, Moçambique encontrava-se na 185ª posição, ou seja, em antepenúltimo na grelha mundial. Está entre os países do continente africano com maior incidência de pobreza, o que reflete não só a falta de condições de segurança da estrutura da maioria das construções das unidades habitacionais da sua população, como também a fuga ao controlo legal no emprego destas habitações por parte dos seus proprietários. A crescente evolução de construções ilegais e precárias, como resultado do aumento da pobreza, tem merecido destaque ao longo dos anos, de forma, a que já em 1980, 50% do total da área urbana moçambicana era representada por este tipo de construções. Neste seguimento, já em 1980, 37,8% dos habitantes possuíam uma habitação permanente, contrapondo com os restantes 62,2% com habitação não permanente. Recuando mais ainda na linha do tempo, se analisarmos dados do censo moçambicano de 1970, verifica-se um crescimento desta situação em 100%, originando, por sua vez, um crescimento intrínseco de assentamentos informais (Forjaz et al., 2006). Devido à pobreza, e à falta de condições da população moçambicana, em 1980, segundo dados do recenseamento, apenas 24,4% da população urbana tinha água canalizada dentro de casa, 44,2% obtinha água canalizada fora de casa, 25,7% tinha acesso a água de poços, e por fim a restante parcela da população, recorria a rios e pequenas lagoas com alguma proximidade das habitações. No âmbito de infraestruturas elétricas, apenas 23,2% do total da po-

pulação tinha acesso à mesma, usufruindo, assim, de um nível de vida, relativamente, mais elevado que os restantes (Forjaz, 2006).

Não obstante, relativamente à distribuição das unidades habitacionais e suas técnicas e materiais construtivos, o cimento e o tijolo ganharam destaque, obtendo 37,2% de habitações, restando 25,42% de habitações de pau e pique maticado, 18,4% de caniço, 8% de madeira e zinco, e apenas 7,8% de adobe. Desta forma, e com todos os problemas relativos à falta de condições na maioria das habitações dos pais, foi realizada no ano de 1979, a primeira reunião nacional moçambicana sobre cidades e Bairros Comunaes, sendo uma data histórica na problemática deste tipo de questões urbanas. (Forjaz, 2006)

Mais recentemente, em 2011, foi realizado um IDS (Inquérito Demográfico e de Saúde) a vários agregados familiares em Moçambique. As informações recolhidas sobre as condições das habitações incluem:

- O acesso á eletricidade;
- Os materiais de construção da habitação;
- Tipologia da habitação (número de quartos);
- Energia Utilizada para cozinhar;
- Fonte de Água utilizada para consumo;
- Distância percorrida até à principal fonte de água;
- Tratamento de água utilizado;
- Tipo de Saneamento.

Segundo dados deste inquérito (IDS, 2011), quase 90% de agregados familiares bebem água sem qualquer tratamento, sendo a percentagem mais elevada na área rural contabilizando 95%. No que respeita ao tipo de instalações sanitárias dos agregados, apenas 22% dos agregados familiares utilizam instalações sanitárias melhoradas, para uso do próprio agregado. Na área urbana este número é naturalmente mais elevado com 44% contra apenas 12% na área rural. Entre as províncias mais afetadas por esta realidade encontram-se a de Cabo Delgado e da Zambézia onde mais de 90% dos seus agregados utilizam saneamento bastante precário. Nas áreas urbanas, pouco mais de metade dos agregados possui energia elétrica sendo que nas áreas rurais apenas 5% dos agregados tem acesso a energia. As províncias de Niassa, Cabo Delgado e Zambézia apresentam percentagens abaixo de 10% de agregados com acesso a energia elétrica enquanto as províncias de Maputo Cidade e Maputo Província apresentam respetivamente 88% e 60% de agregados ligados a energia elétrica, conforme ilustra a Figura 4.6.

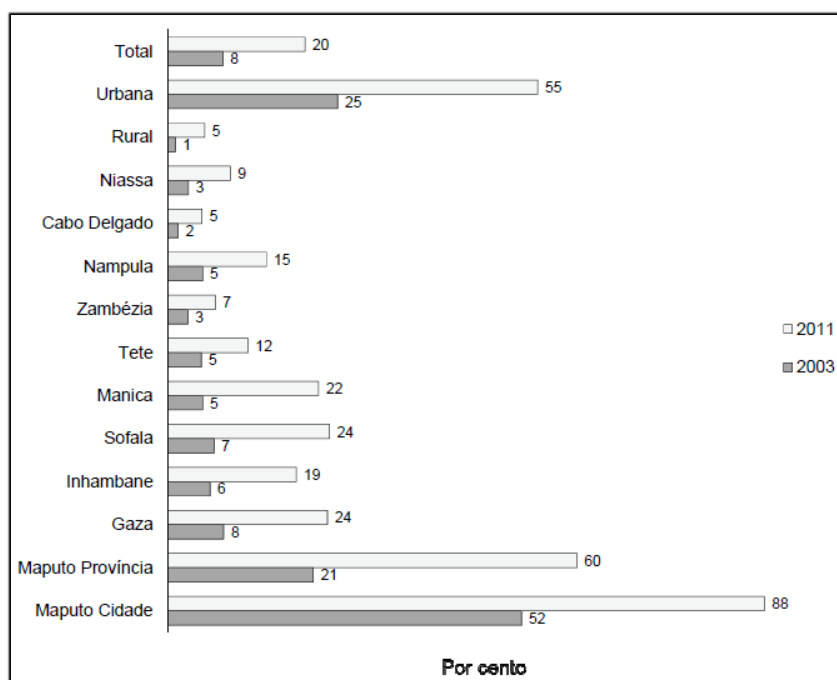


Figura 4.6 - Percentagem de agregados familiares que tem energia elétrica, segundo área de residência e província, Moçambique, 2003 e 2011 (IDS, 2011)

Em relação ao piso das habitações, conforme ilustra a Figura 4.7, grande parte destas apresenta o mesmo feito de terra batida, segundo dados deste inquérito, 44% dos agregados vivem nesta situação. Nos centros urbanos, 49% já possuem piso revestido de cimento sendo este valor maximizado principalmente pelo facto de nas províncias de Maputo Província e Maputo Cidade, estas apresentarem valores de 68% e 79% respetivamente (IDS, 2011).

Passando agora para a análise da tipologia das habitações, segundo o (IDS, 2011), uma grande parte de agregados familiares mora em habitações que possuem dois quartos para dormir, seguindo-se habitações com três ou mais quartos.

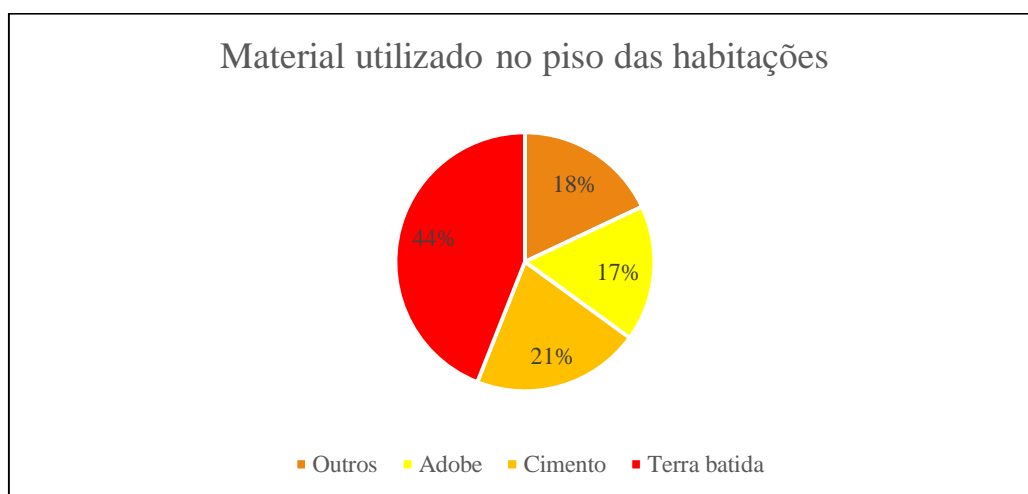


Figura 4.7 – Material mais utilizado no piso das habitações (IDS, 2011)

Atualmente algumas construções rurais seguem ainda os princípios das construções antigas tradicionais, principalmente no que toca a forma. Como foi estudado no Capítulo 2, aquando da definição do Estado do Conhecimento da presente dissertação, a natural evolução tecnológica levou ao emprego de novos materiais. A habitação “informal” em Moçambique era geralmente construída com recurso a materiais naturais, como madeira de mangal e outras, fibras e resinas naturais, folhas e entrelaçados de coqueiros, palmeiras bravas, entre outros. Mas o uso desses materiais evoluiu para materiais mais duráveis, como a terra, a pedra, a argamassa, o revestimento de cal e a cobertura em telha, folha zincada ou fibrocimento. No entanto, o recurso a materiais mais recentes é muitas vezes a causa da redução do conforto e da natureza sustentável da construção. Por exemplo o uso de chapas metálicas na cobertura, sem qualquer isolamento pode leva ao sobreaquecimento da habitação (Muchangos, 1999).

Na Figura 4.8 é bem visível esse tipo má prática relativa à cobertura de atuais construções.



Figura 4.8 - Exemplo de soluções construtivas com uso de chapas na cobertura

Em cidades como Maputo, os “bairros de caniço” foram evoluindo para o uso de madeira e zinco. A aspiração de melhoria das condições de habitação, principalmente após a independência, e a escassez cada vez maior de materiais vegetais naturais deu origem a uma rápida evolução da arquitetura para o uso de materiais modernos, como o cimento. Mas há ainda muitos exemplos de construções feitas em caniço e folha zincada em Maputo, assim como com madeira e palha (Fernandes, 2011).

A raiz cultural da ocupação de Moçambique é de povoações de baixa densidade populacional, o que torna por vezes inviável a instalação de infraestruturas e serviços urbanos em todas as áreas em que há construções, além disso, aumenta as distâncias a percorrer para o trabalho e para as diversas atividades urbanas, criando zonas segregadas. Nos bairros de renda mais elevada já existem construções em altura e, portanto, com maior densidade populacional. A construção atual nesses bairros é em betão e tijolo (Guedes et al., 2011).

Como a generalidade dos países africanos, Moçambique não produz grande parte dos materiais e equipamentos de construção, não tem adequada rede de estradas e ferrovias, não está bem equipado em meios de transporte, não tem distribuição equitativa das poucas unidades produtivas dos materiais de construção e não tem uma rede de comercialização dos produtos bem distribuída geograficamente. As empresas de construção localizam-se preferencialmente nos grandes centros urbanos, elevando conseqüentemente os custos de construção nas áreas mais distantes, os quais já são bastante elevados. Por esse motivo, a maioria das habitações ainda é construída pelos próprios moradores, o que significa que possuem baixa tecnologia e inviabiliza a construção em altura (Guedes et al., 2011).

4.6.4. Indicadores de Desenvolvimento em Moçambique

A recente história deste país é sem dúvida um raro exemplo de sucesso de recuperação económica num período de pós conflito. Após décadas de estagnação e conseqüente declínio económico, potenciados por uma primeira experiência de governação socialista falhada após a libertação do país, originando uma guerra civil que terminou em Outubro de 1992, o país alcançou recentemente a estabilidade política. Com o Acordo de Roma em 1992, que pôs fim a uma guerra civil e ao estabelecimento de paz, abriram-se boas perspectivas para a recuperação e crescimento económico. Neste contexto, foram implementadas várias reformas na esfera económica, política e social que levaram ao investimento estrangeiro. Exemplo disso são os grandes projetos de empresas como a: Vale Moçambique, Sasol, Mozal, Areias Pesadas de Moma, Riversdale e Anadarko. Os mais recentes indicadores do INE mostram forte desempenho da economia moçambicana. Em 2010, por exemplo, o PIB cresceu 7,1% contrariando o ambiente internacional de recessão económica. Ainda no ano de 2010, o consumo público teve um crescimento de 12,8% e o privado de 5,3%, a exportação de bens e serviços obteve um incremento de 7,4% mais 5,1% do que em 2009 (IDS, 2011).

Há dez anos que o PIB tem crescido a um ritmo médio de 8% ao ano e são muito poucos os países que conseguem acompanhar este crescimento. O investimento internacional, conforme ilustra na Figura 4.9, tem sido o grande pilar da economia, e tem sido à conta dos montantes elevados injetados na economia moçambicana, principalmente por investidores estrangeiros, que a moeda moçambicana, o Metical, tem apresentado baixos níveis de volatilidade e desta forma permitindo ao Banco de Moçambique gerir uma política monetária estável (IDS, 2011).

Um dos principais produtos exportados por Moçambique é a eletricidade da central hidro-elétrica de Cabora Bassa, construída ainda no tempo colonial, conforme foi abordado anteriormente. É atualmente o maior produtor de eletricidade em Moçambique, com capacidade superior a 2000 megawatts. Dada a sua extensa costa, tem também um forte potencial para explorar a pes-

ca e atualmente é um dos principais exportadores de camarão mundiais. O chá e copra são também dois produtos com algum peso no mercado das exportações deste país.

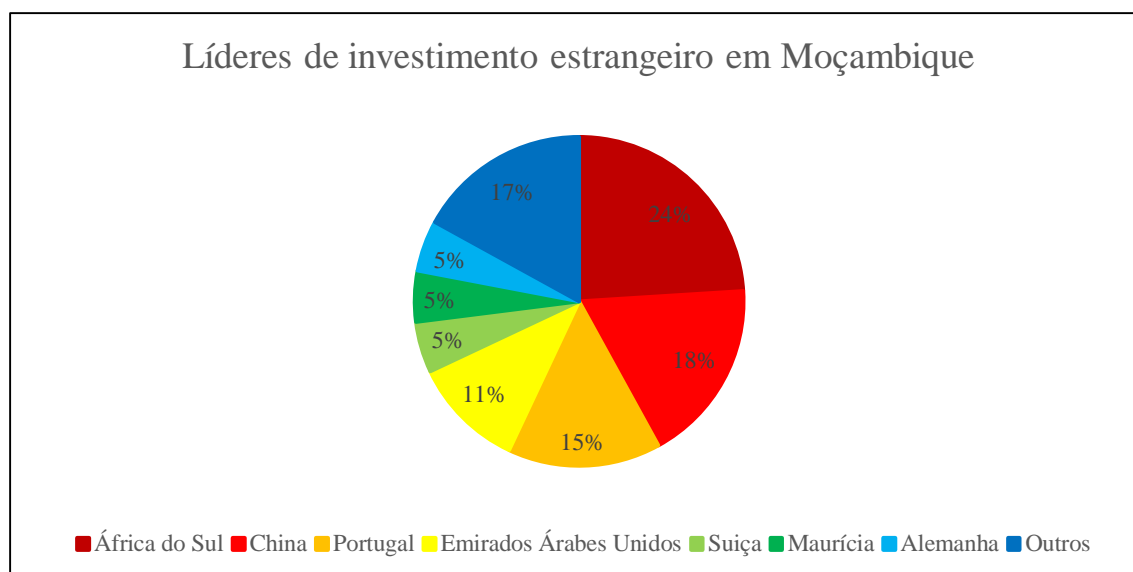


Figura 4.9 – Líderes de investimento estrangeiro em Moçambique

Na Tabela 4.4, apresentam-se alguns dos principais indicadores económicos nos vários setores que têm apresentado significativa importância para o desenvolvimento do país (IDS, 2011):

Tabela 4.4 – Indicadores económicos

Principais produtos agrícola	Pecuária	Minérios	Indústria
Algodão	Bovinos	Carvão	Exploração de minérios
Cana-de-açúcar	Suínos	Gás natural	Têxtil
Castanha de caju	Ovinos	Grafite	Tabaco
Copra (polpa do coco)		Bauxita	Construção
Mandioca		Ouro	Transportes
		Mármore	
		Pedras preciosas	

Outra grande vantagem para o desenvolvimento económico de Moçambique, é o facto de o país possuir atualmente três importantes portos, que servem de entrada e saída de produtos. Dada a extensa costa que o mesmo possui, a localização estratégica destes portos é importantíssima para facilitar as exportações e importações imprescindíveis para o desenvolvimento. Estas trocas comerciais podem ser realizadas através dos seguintes portos:

- Porto de Nacala, porta de entrada do Malawi;
- Porto da Beira, porta de entrada da Botswana, Zimbabué, Zâmbia e Zaire;
- Porto de Maputo, o segundo maior porto de África, e que foi amplamente modernizado em 1989 de forma a poder servir as regiões do sul de África. Serve de porta de entrada da Swazilândia e África do Sul.

Recentemente foi feito um forte investimento económico com vista a melhorar as condições do Porto de Nacala, visto ser o maior Porto de Águas Profundas do país. Espera-se que no Futuro as exportações e importações sejam em maior volume nesta região principalmente devido à exportação de carvão que será maioritariamente feita neste porto.

Moçambique possui um aeroporto internacional, o Aeroporto Internacional de Maputo, também conhecido como Aeroporto Internacional de Mavalane. Este serve a cidade de Maputo, capital do país e é o maior aeroporto de país. Atualmente encontra-se em construção um novo aeroporto internacional, o Aeroporto Internacional de Nacala, que tem em vista fazer uso da privilegiada localização geográfica de Nacala, a sua maior proximidade aos mercados asiáticos, do médio oriente e da Europa de forma a desempenhar um papel preponderante como centro logístico global e multimodal envolvendo o transporte aéreo, rodoviário, ferroviário e marítimo.

5. PROPOSTA DE UM MODELO PARA O MEIO RURAL

Neste capítulo a abordagem será direcionada para o caso particular de habitações para o meio rural de Moçambique. Inicialmente importa referenciar os parâmetros de habitabilidade impostos em Moçambique, e estudar as tipologias e utilizações correntes no meio rural. Posteriormente, será apresentada a título exemplificativo, uma solução construtiva para o meio rural moçambicano. Para o caso, foi utilizado o programa de simulação *Ecotect*, que permitiu fazer algumas simulações relativas ao consumo energético da habitação, principalmente apoiado nas necessidades energéticas de arrefecimento da mesma. Neste programa foi possível manobrar algumas das técnicas e conhecimentos adquiridos ao longo do estudo, e provar que quando as habitações são bem concebidas, as necessidades energéticas dos edifícios podem ser bastante reduzidas, contribuindo assim para a promoção da sustentabilidade tanto no plano económico, como no ambiental e social. Após várias simulações e ajustes, será apresentado título ilustrativo um protótipo da habitação final. Para o caso, foram utilizados os *softwares AutoCAD e ArchiCAD*.

5.1. Utilizações correntes no espaço rural

Conforme foi estudado anteriormente, muitos dos edifícios correntes no espaço rural de Moçambique utilizam, ainda hoje, técnicas construtivas tradicionais enraizadas na arquitetura vernacular e utilizam materiais maciços na envolvente das habitações como o tijolo de adobe, a taipa, pedra, caniço, adobe e paus maticados. O colmo é o material mais utilizado nas coberturas mas, ultimamente, tem vindo a ser substituído por chapas de zinco (na maioria das vezes sem qualquer isolamento) levando ao inevitável sobreaquecimento da habitação. Na grande parte dos edifícios do espaço rural, há, em muitas das habitações tradicionais, uma evidente preocupação em proporcionar sombreamento nas fachadas por meio de prolongamento da cobertura. As coberturas inclinadas de quatro águas são as mais tradicionalmente usadas, sendo bastante usual também as de duas águas. É também notável a quase ausência de janelas em fachadas e a ventilação é conseguida por folgas. A geometria das plantas destes edifícios apresenta usualmente forma retangular.

Como foi analisado anteriormente na presente dissertação, Moçambique não produz grande parte dos materiais e equipamentos de construção utilizados na construção mais recentes. Além disso, não tem adequada rede de estradas e ferrovias, não tem distribuição equitativa das poucas unidades produtivas dos materiais de construção, e não tem uma rede de comercialização dos produtos bem distribuída geograficamente. As empresas de construção localizam-se sobretudo nos grandes centros urbanos, elevando obviamente os custos de construção para as áreas mais distantes. Por estes motivos, a maioria das habitações no espaço rural é ainda construída pelos

próprios moradores, o que significa que possuem baixa tecnologia. As habitações não oferecem segurança nem conforto para as atuais necessidades do ser humano. Uma habitação com as mínimas condições de habitabilidade é um direito humano fundamental e internacionalmente reconhecido pela ONU. Todos os seres humanos deveriam ter direito a um lugar confortável, seguro, saudável e com as necessidades básicas para viver. Neste contexto, a habitação rural em Moçambique tem sofrido pouca evolução. Algumas habitações do meio rural já são construídas com recurso a materiais como tijolos, argamassa, revestimento de cal, cobertura em telha, folha zincada ou fibrocimento, no entanto, a grande maioria destas são construídas sem qualquer tipo de projeto prévio ou mão-de-obra qualificada.

Na Figura 5.1 são apresentados alguns exemplos do tipo de construção usada no meio rural moçambicano, presenciados pelo autor. Muitas das características mencionadas anteriormente, podem ser facilmente reconhecidas nestes exemplos.



Figura 5.1 – Tipo de habitações presentes no espaço rural

Nas construções mais correntes em Moçambique podemos identificar os materiais de construção mais utilizados no espaço rural.

Contudo, muitas das novas habitações, já estão a ser construídas com materiais mais duráveis, como paredes de tijolo e cimento, elementos estruturais em betão armado e coberturas de telha de micro betão sobre estrutura de betão ou madeira. No entanto, as habitações mais predo-

minantes no meio rural são ainda as habitações de adobe, de pau e pique maticado e também as de madeira e zinco.

Na Tabela 5.1, e com base no estudo efetuado, apresenta-se uma síntese dos materiais de construção predominantes no espaço rural moçambicano.

Tabela 5.1 - Materiais de construção predominantes no espaço rural

Paredes de Alvenaria	Coberturas	Pavimentos
Paus maticados Blocos de adobe	Capim Chapas de zinco Colmo	Adobe

5.1.1. Tipologia da habitação tradicional

Segundo dados Censos de 1997 e 2007, do Instituto Nacional de Estatísticas, onde foram selecionadas para o estudo apenas habitações particulares, é possível caraterizar o parque habitacional, onde se conclui, que 80% da população moçambicana vive em habitações do tipo “Palhotas”, caraterizadas por serem habitações com paredes de blocos de adobe, caniço ou madeira (Langa, 2010).

O parque edificado no espaço rural de Moçambique é composto, na sua maioria, por edificações térreas e unifamiliares. De acordo com o Censo 2007, o parque habitacional neste país é composto por aproximadamente 4,793,344 habitações, estando apenas 3,3% destas desocupadas. Segundo resultados do mesmo censo, foram recenseados no meio urbano 1,388,019 habitações e 3,405,325 no meio rural, respetivamente 29% e 71%. Estes são quase todos do tipo clássico, isto é, as suas construções quanto à estrutura e tipo de materiais empregues têm um carácter não precário (Langa, 2010).

Nas informações recolhidas pelo Inquérito Demográfico e de Saúde sobre as condições das habitações, refere-se que nas áreas rurais apenas 5% dos agregados possuem energia elétrica (IDS, 2011).

No que diz respeito à tipologia das habitações, segundo o IDS (2011), uma grande parte de agregados familiares mora em habitações que possuem dois quartos para dormir, seguindo-se habitações com três ou mais quartos.

5.1.2. Parâmetros de habitabilidade

A habitação é na maioria dos casos, a expressão visível da condição social de uma família ou população. Uma habitação com as mínimas condições de habitabilidade é um direito humano fundamental e internacionalmente reconhecido pela ONU. Todos os seres humanos deveriam ter direito a um lugar confortável, seguro, saudável e com as necessidades básicas para viver.

Para uma habitação ser considerada como segura ela deve oferecer no mínimo, as seguintes condições (Amado et al., 2014):

- Estrutura física: Proteção contra os elementos, habitável, não deve ser húmida e deve ser culturalmente aceitável;
- Terreno: Deve garantir que os seus ocupantes se encontram em segurança, num lugar seguro não só para viver mas para criar filhos e que garanta a promoção da saúde de todos;
- Infraestrutura/serviços: Deve contar com serviços essenciais na área do conforto, saúde e nutrição tais como: abastecimento de água potável em quantidade suficiente, drenagem de águas domésticas e residuais, cozinha e local para armazenamento correto dos alimentos, serviços para depósito e eliminação de resíduos domésticos e aquecimento quando necessário. Os serviços públicos como serviços de emergência devem ter acesso garantido e seguro à mesma.

Deveriam também ser definidos documentos legislativos com critérios técnicos de base, de forma a promover o desenvolvimento de construções de qualidade e que respeitem as condições de conforto no interior das habitações.

No caso particular de Moçambique, segundo o RGEU (Diploma Legislativo n.º 1976, publicado no suplemento ao Boletim Oficial n.º 19, I.ª Série, de 01 de Maio de 1960), documento regulamentar português formalizado ainda no tempo das colónias portuguesas, e que se manteve sem sofrer qualquer atualização, os parâmetros de habitabilidade no interior do edifício mínimos exigidos são:

- A altura mínima da habitação (pé-direito) é de 2.80 m, sendo que este valor poderá ser inferior até ao limite de 2,60 m no caso de edificações isoladas ou em pequenos grupos, tendo um máximo de três pisos habitáveis;
- Os compartimentos como quartos e salas, não poderão em regra, ter áreas inferiores a 9 m². No caso de uma habitação como menos de cinco compartimentos, estes deverão ter no mínimo um com área superior a 12 m². No caso de o número de compartimentos ser igual ou superior a cinco, estão esta regra aplica-se a dois dos compartimentos;
- A cozinha deverá por sua vez ter uma área mínima de 6 m²;
- Na planta dos quartos e das salas, deve poder-se sempre inscrever, uma circunferência de 2m de diâmetro. No caso particular das cozinhas, este valor poderá bai-

... para 1,60 m nos casos em que a área seja inferior a 6 m², conforme enunciado no artigo anterior,

- A ventilação transversal de cada edificação, deverá ficar sempre assegurada, e ser obtida sempre que possível, por meio de vãos dispostos em fachadas opostas com paredes interiores.

Em Moçambique, dado o seu clima quente, a principal necessidade dos edifícios predomina-se com a necessidade de arrefecimento dos mesmos. Conforme foi verificado anteriormente existem diversas técnicas passivas com recurso a estratégias bioclimáticas, que ajudam a combater esta problemática comum a todos os países de climas quentes. O uso de mecanismos mecânicos com elevados custos energéticos e não sustentáveis pode muitas vezes ser minimizado e por vezes evitado caso as técnicas enumeradas nos capítulos e subcapítulos anteriores sejam praticadas corretamente.

5.2. Caracterização do Modelo

Desenvolveu-se uma proposta de um modelo para o espaço rural, com o objetivo de aplicar alguns dos conhecimentos adquiridos, e, desta forma, analisar-se um caso prático na presente dissertação. Para o efeito, foi utilizado o *software Ecotect* onde foi introduzido o projeto de um edifício de habitação económica unifamiliar de um piso. Através deste programa, foi possível fazer diversas simulações com o intuito de melhorar progressivamente a habitação no contexto das necessidades energéticas.

Descrição do Edifício Estudado

O edifício estudado, é idealizado como localizado na cidade de Nacala, na província de Nampula em Moçambique. A implantação do edifício é assumida em zona rural, próximo do local do novo aeroporto internacional de Nacala, em terreno argiloso, não rodeado por edifícios. Neste estudo a tipologia assumida foi ao encontro da construção tradicional, considerada de grande procura e de aceitação social no mercado moçambicano para o alojamento familiar clássico. As medidas e técnicas de construção adotadas, foram ponderadas e apoiadas numa perspetiva de sustentabilidade, contribuindo para um desenvolvimento positivo no contexto económico, social e ambiental.

Como foi referido anteriormente na análise da tipologia das habitações, segundo o IDS 2011, a grande parte de agregados familiares mora em habitações que possuem dois quartos para dormir. Neste contexto, o tipo de habitação desenvolvida é adequado a um agregado familiar composto por 3 a 4 pessoas, considerando-se deste modo, uma tipologia do tipo T2. O edifício de habitação unifamiliar desenvolvido, é muito simples em termos de estrutura de engenharia,

arquitectura, volumetria e distribuição de espaços. Os espaços foram cuidadosamente distribuídos em apenas um piso térreo, tendo-se optado por localizar os compartimentos de serviço todos seguidos, para que desta forma se reduza o comprimento das redes de água e saneamento. A área bruta de construção é de aproximadamente 90 m². Na Figura 5.2 apresenta-se a planta da habitação.

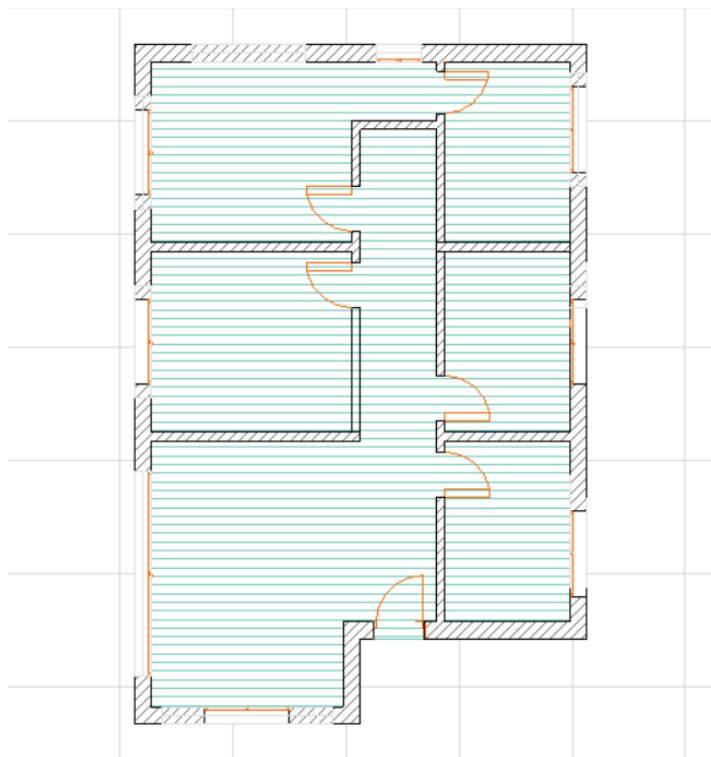


Figura 5.2 – Planta simplificada da habitação inicial

Solo

Como foi referido anteriormente, a habitação idealizada encontra-se localizada na cidade de Nacala na província de Nampula. Para o efeito, foi considerado que o solo continha as mesmas características onde se encontra a ser construído o novo Aeroporto Internacional de Nacala. Esta opção foi tomada, visto existirem estudos recentes com as características dos solos do mesmo, e também pelo facto de existirem nas proximidades várias zonas rurais onde é possível a construção de habitações deste tipo. Segundo (Eltayari, 2012), os solos do aeroporto são constituídos essencialmente por seixos e areias siltosos ou argilosos, sendo considerados solos bem graduados e classificados como excelente a bom.

Estrutura

As soluções estruturais foram escolhidas tendo em conta o seu custo, disponibilidade, custo, gastos energéticos e teor de emissão de CO₂ associados à construção sempre numa perspectiva de

sustentabilidade. Neste contexto, as soluções estruturais são assumidas maioritariamente por materiais naturais, como bambu, madeira e terra. Todo o edifício foi idealizado para ser "levantado" em estrutura autoportante de alvenaria de tijolo maciço de solo-cimento de espessura da parede igual a 30 cm. Para as paredes resistentes de alvenaria, optou-se por escolher uma solução de mistura solo-cimento. Estas paredes são compostas por blocos maciços de solo-cimento que suportam grandes cargas de compressão. Para a cobertura optou-se pela utilização de uma estrutura de madeira tradicional composta por asnas, madres, ripas e varas.

Laje de Fundação

Na opinião do autor, o ensoleiramento geral é melhor solução, no sentido de haver uma distribuição uniforme das cargas das paredes para a fundação, e assim haver menos risco de ocorrência de assentamentos diferenciais entre panos de alvenaria, apesar de tornar uma fundação mais cara. Como é sábio, as cargas que atuam na estrutura da cobertura e posteriormente nas paredes resistentes, são transmitidas às lajes e vigas de fundação, e por isso estas são dimensionadas para efetuarem a transmissão dos esforços ao solo, tendo sempre em conta a tensão admissível do mesmo.

Face às crescentes preocupações ambientais da indústria da construção e às potencialidades do bambu como material ecológico, neste modelo de habitação, é apresentado uma técnica construtiva sustentável e inovadora para a conceção de lajes de terra com bambu. Atualmente, têm sido desenvolvidos alguns estudos relativos a esta técnica inovadora. Como já foi anteriormente referido, o bambu apresenta boas características de resistência a tração. Segundo (Ambrósio, 2012), este tipo de soluções tem grande potencialidade na aplicação em lajes de coberturas e de pavimentos correntes de habitações em terra, sobretudo em habitações do meio rural ou em edificações turísticas em áreas protegidas. O mesmo autor, desenvolveu vários ensaios de caracterização mecânica de bambu da espécie *Phyllostachys nidulária* e de argamassas de terra estabilizadas com cal e/ou cimento, obtendo resultados bastante positivos. Nas simulações efectuadas no *Ecotect*, a laje de fundação não entra nas análises dinâmicas realizadas, uma vez que os ganhos e perdas associados à mesma são dispensáveis. Contudo, para a descrição completa do edifício torna-se necessário definir esta envolvente.

Paredes Exteriores

As paredes têm como função principal não só a proteção dos fatores climáticos e do meio ambiente mas também em alguns casos assumem função estrutural. Inicialmente pensou-se em utilizar para as alvenarias blocos de adobes, mas uma vez que a sua resistência à compressão (f_b) é reduzida descartou-se essa possibilidade. Neste contexto, os materiais escolhidos para as alvenarias foram os blocos de solo-cimento. Esta técnica construtiva, que surgiu como evolução do adobe, tem vindo a revelar-se como uma alternativa bastante viável e sustentável. Um dos

principais fatores que condicionam a qualidade e a segurança dos blocos de alvenaria é a escolha apropriada da matéria-prima (o solo), por isso, a escolha de Nacala para a localização da habitação reúne em vários locais tais características. Na primeira habitação simulada, os blocos maciços de solo-cimento continham 0,20 cm de espessura. Contudo, de forma a aumentar a inércia térmica da habitação, e desta forma reduzirem-se as necessidades de arrefecimento da mesma, optou-se por aumentar a espessura dos mesmos para 0,30 cm. Também poderia ser usado um pano de alvenaria duplo composto por blocos maciços de solo-cimento com 15cm de espessura. A sustentabilidade associada ao seu uso e construção, juntamente com a facilidade de produção e desempenho dos mesmos, foram os principais motivos para a sua escolha. A utilização destes blocos permite também que estes fiquem com a face à vista. Os blocos apresentam boa resistência à compressão e por isso assumem também funções estruturais (limitadas). Existem também blocos deste tipo, onde a utilização de argamassa para assentamento pode ser dispensada (Martins, 2011).

Cobertura

As coberturas têm a função de proteger os edifícios da ação das intempéries. No que respeita à cobertura da habitação simulada, optou-se por utilizar uma cobertura tradicional, mantendo-se desta forma a raiz cultural dos edifícios do espaço rural. Neste contexto, na primeira habitação simulada no *Ecotect*, optou-se por usar uma cobertura inclinada de apenas duas águas com estrutura em madeira e revestimento em telha cerâmica. Poderia-se eventualmente ter optado pela utilização de colmo na cobertura, no entanto o mesmo não oferece garantia de resistência mecânica para a mesma, e por isso optou-se por não se desenvolver uma solução mais local. A durabilidade da telha cerâmica face ao colmo, a sua fácil aplicação e maior resistência, foram fatores decisivos na escolha do mesmo. O facto de ser um produto ecológico, não tóxico, renovável e biodegradável, também justificou a sua escolha. Outra das opções ponderadas para a cobertura, foi a da utilização de painéis IBR sandwich de cor branca. Estas folhas de aço galvanizado são compostas na face exterior por IBR hidrófugos de 19mm, por isolamento térmico interno em poliestireno extrudido, e a sua face interior poderá ter acabamento em madeira ou noutro material. Por questões de estética, resistência e manutenção, optou-se pela utilização de telha cerâmica.

Nas primeiras simulações efetuadas, não se colocou nenhum isolamento térmico na cobertura, mas como seria de esperar, concluiu-se que é essencial o uso do mesmo. Optou-se então, por adicionar um isolante térmico, por forma a aumentar a resistência térmica da cobertura e desta forma reduzir os ganhos excessivos por esta envolvente. Apesar desta opção encarecer substancialmente o preço final da habitação, como foi referido, torna-se essencial no controle dos ganhos solares para o interior da habitação. O isolamento testado foi o poliestireno extrudido (XPS).

Caixilhos e Envidraçados

No que respeita às janelas, porta e envidraçados, a opção passou pela utilização de caixilhos em madeira. As janelas são responsáveis pela iluminação natural, ventilação natural contribuindo desta forma para a salubridade do espaço interior.

No primeiro modelo foram simuladas para a habitação, janelas com caixilho em madeira com vidro simples. Posteriormente, na solução final, foi utilizado o vidro duplo com baixa emissividade, pois, desta forma, consegue-se reduzir significativamente os níveis de necessidade de arrefecimento. Apesar de ser uma solução economicamente mais cara do que a utilização de um vidro simples, o seu melhor desempenho foi fundamental para a sua escolha. A utilização de caixilhos em madeira prende-se com o fato de estes serem economicamente mais viáveis comparativamente a outros materiais com a mesma funcionalidade. O fato de Moçambique ser também um país com bastante madeira, levaram o autor a optar pela sua escolha.

Esboço do Primeiro Modelo Desenhado no Ecotect

Na Figura 5.3, apresenta-se o primeiro modelo criado no *Ecotect* com recurso às ferramentas de desenho de que o mesmo programa disponibiliza. O *software* não dispõe de ferramentas de desenho elaboradas, e, por isso, posteriormente será apresentada uma solução melhorada. Contudo, importa referir que este primeiro modelo foi a base para que se conseguisse chegar à solução final. O programa referenciado, define cada compartimento como um volume fechado (“zonas”), espelhando graficamente todos os aspetos da sua organização, estrutura funcional e materiais.

No último subcapítulo da presente dissertação será apresentada uma solução final com recurso a ferramentas de desenho adequadas, com o auxílio dos softwares AutoCad e ArchiCad. Esta apresentação é apenas uma apresentação técnica e não é a solução final.

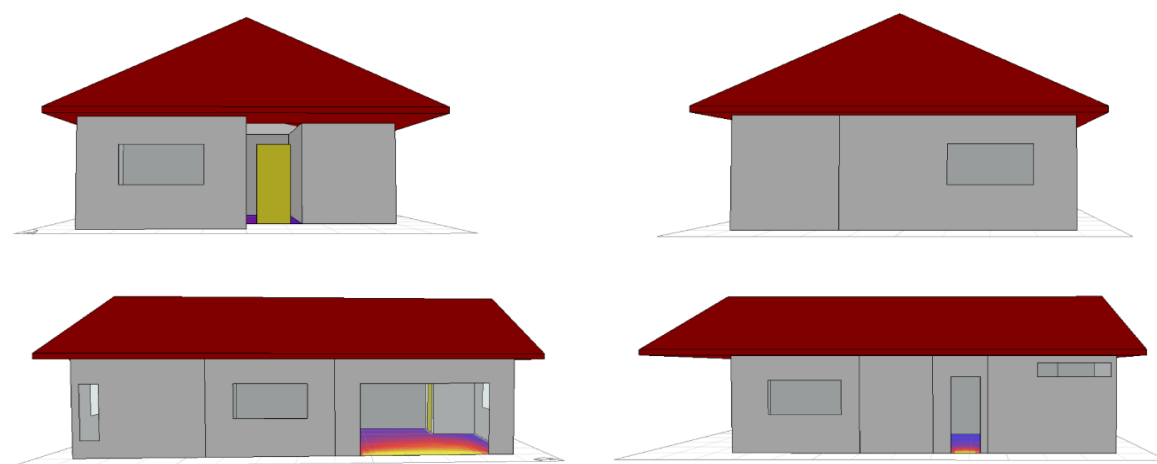


Figura 5.3 – Primeiro modelo de habitação para simulação no *Ecotect*

5.3. Simulação e Avaliação do Modelo, Aplicação do Ecotect.

Depois de se ter representado o modelo, e definido-o no *Ecotect* quanto às características das várias envolventes da habitação, é necessário proceder à introdução de alguns parâmetros relativos à habitação, tais como:

- Localização do edifício;
- Ficheiro climático associado à zona de implementação do edifício;
- Orientação do edifício;
- Caracterização dos materiais de construção segundo as suas características físicas e térmicas;
- Actividades num Calendário (schedules);
- Condições interiores na habitação.

Na definição destes parâmetros pôs-se em prática alguns dos conhecimentos adquiridos durante o estudo, principalmente no diz respeito à forma, à localização e à orientação solar da habitação. No caso dos materiais, a sua escolha teve em conta a sustentabilidade associada aos mesmos, assim como as suas características físicas e térmicas.

Localização Geográfica da Habitação

Foi inserida a localização geográfica da habitação através das suas coordenadas. Conforme referenciado anteriormente, a mesma situa-se na cidade de Nacala, província de Nampula, Moçambique. A implantação do edifício é assumida em zona rural, próximo do local do novo aeroporto internacional de Nacala.

No programa, a localização geográfica da habitação está associada a um ficheiro climático. Conforme será explicado seguidamente, dada a falta de elementos disponíveis na biblioteca do *Ecotect* relativamente à região em estudo, foi necessária a criação de ficheiro.

Ficheiro Climático

Para que se possam efetuar simulações no *Ecotect*, é necessária a escolha de um ficheiro climático na biblioteca do programa, obviamente associado à zona de implementação da habitação.

O ficheiro climático assume parâmetros relativos à precipitação média anual, temperatura média diária, humidade relativa, radiação solar incidente, ventos dominantes, entre outros. Dada a falta de elementos disponíveis, tanto na biblioteca do *Ecotect* como na biblioteca de outros programas como o *EnergyPlus*, foi necessária a criação de um ficheiro relativo à província de

Nampula. Após recolha de informação válida, foi criado num outro programa de software - o *Meteor*, um ficheiro climática para a região em estudo. conforme ilustra a Figura 5.4.

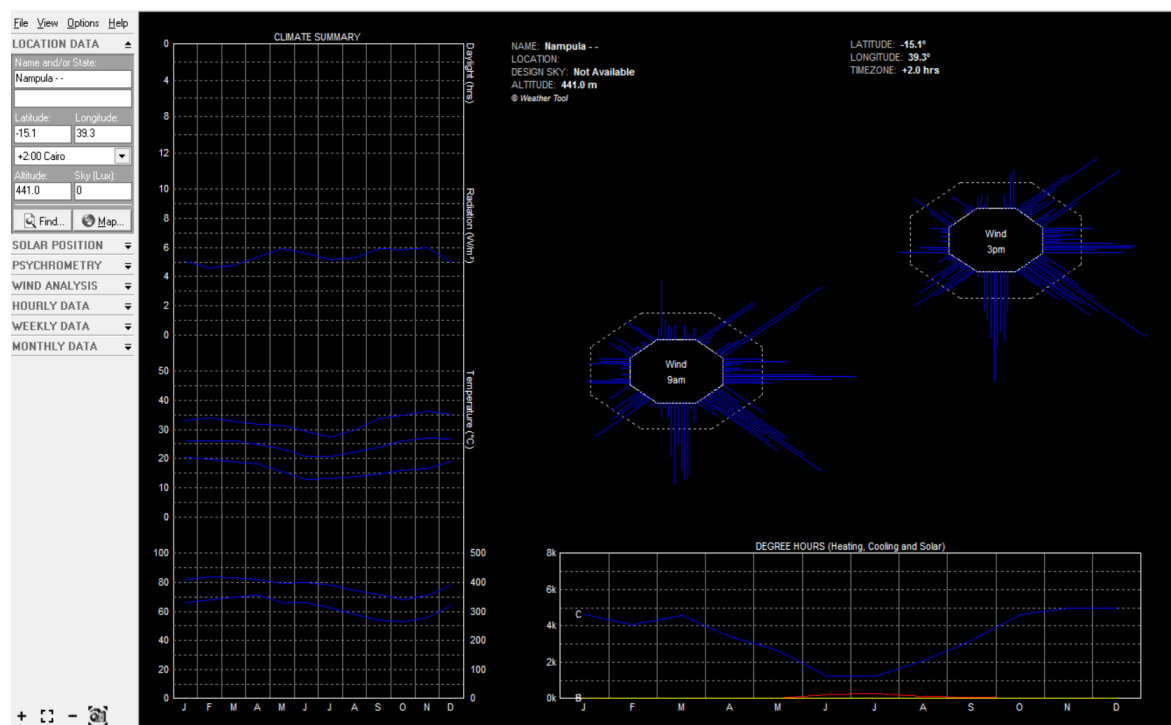


Figura 5.4 – Ficheiro climático da província de Nampula, criado no software *Meteor*

Orientação da Habitação

A orientação a Sul é geralmente recomendada para edifícios situados no hemisfério Norte, por ser a que mais potencia os ganhos solares desejáveis para o aquecimento durante a estação fria.

Como foi anteriormente estudado, na generalidade dos edifícios do hemisfério Sul, os problemas principais prendem-se com as necessidades de arrefecimento e pelo uso de soluções que potenciem a redução de ganhos solares obviamente indesejáveis no contexto energético.

A orientação final da habitação segundo o percurso solar e o respectivo posicionamento das suas fachadas, foi otimizada após algumas simulações. Na Figura 5.5 encontra-se representada a orientação inicial introduzida, propositadamente, no *Ecotect*. Através da mesma Figura 5.5, torna-se fácil perceber que esta solução é bastante prejudicial no contexto energético, uma vez que a fachada com maior área de envidraçado encontra-se virada a poente, recebendo assim bastante radiação solar indesejável e contribuindo naturalmente para o aquecimento da habitação. Pela mesma Figura, pode-se também verificar que a fachada Norte é a que mais recebe sol de ângulo alto (Norte) e por isso é a que recebe mais radiação solar nas horas de maior calor.

Ao longo da presente dissertação foram analisadas algumas técnicas passivas que ajudam a combater os ganhos radiantes excessivos indesejados. No caso das fachadas que mais recebem

Sol de ângulos altos, a Norte e Sul, o uso de palas horizontais ou prolongamento da cobertura são soluções tradicionais fortemente eficazes. No caso de fachadas expostas a Nascente e Poente, uma boa solução deve passar pela utilização de palas horizontais que protegem a habitação da radiação solar proveniente de ângulos mais baixos. Uma outra alternativa pode passar também pela redução dos vãos de envidraçados, principalmente nas fachadas de maior exposição solar.

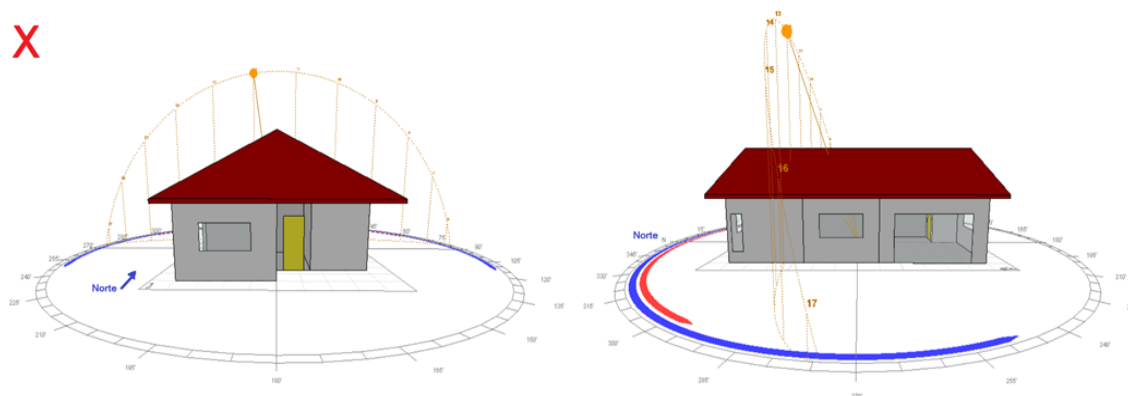


Figura 5.5 – Má orientação do edifício segundo o percurso Solar

Após algumas simulações no mesmo programa, concluiu-se que a melhor orientação do edifício para reduzir o impacto dos ganhos solares é paralela ao eixo Nascente-Poente, uma vez que esta orientação restringe a área de exposição das fachadas com mais envidraçados. Além disso beneficia ainda de iluminação natural. Essa orientação é a apresentada na Figura 5.6.

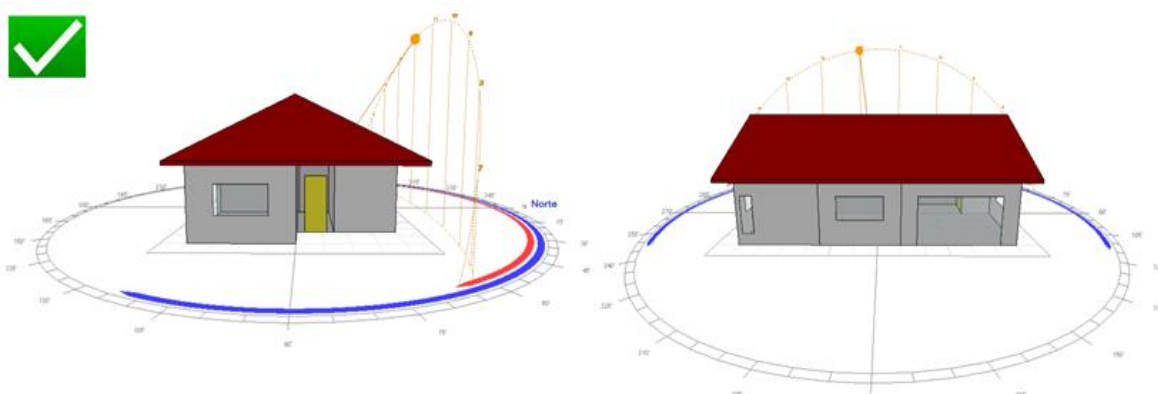


Figura 5.6 – Localização correta do edifício segundo o percurso solar

Para ajudar a compreender melhor toda esta envolvimento do percurso solar com a habitação, estudou-se ainda esta ação ao longo dos diferentes dias do ano. Para o caso, conforme ilustra a Figura 5.7, foram escolhidas as datas dos equinócios e solstícios, uma vez que estas represen-

tam, respetivamente, o instante em que o Sol durante o seu movimento aparente (visto da Terra) se encontra mais próximo, ou, mais afastado da Terra. Através destas simulações foi possível testar a habitação sempre para as situações mais gravosas no contexto das necessidades de arrefecimento da mesma.

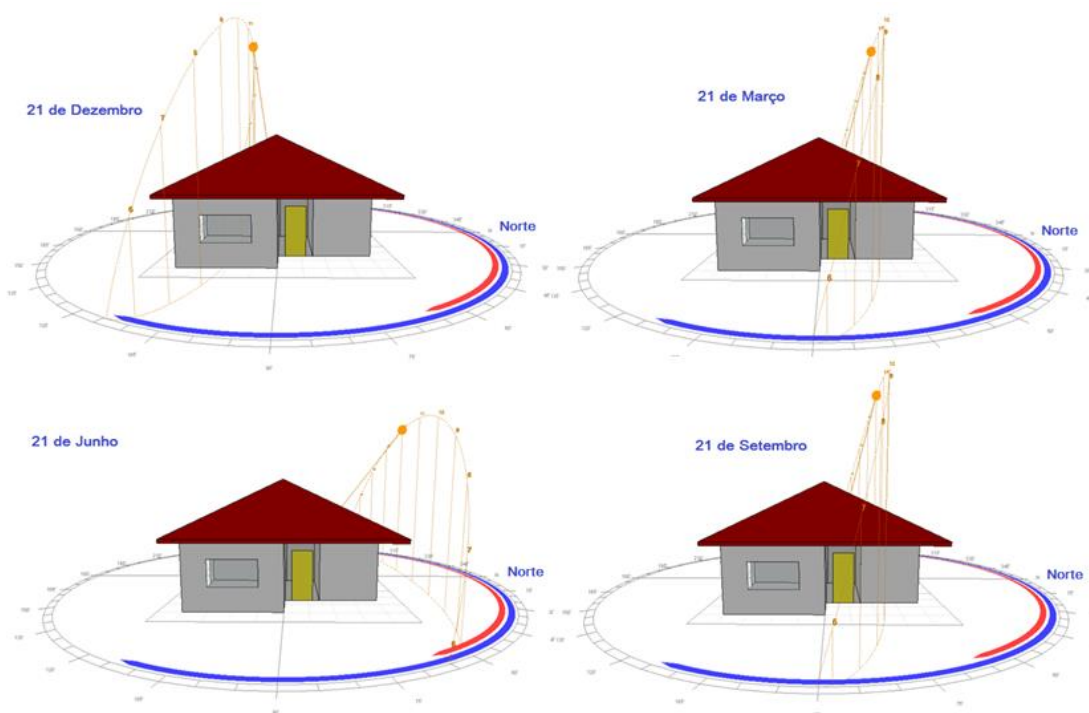


Figura 5.7 – Incidência Solar na Habitação durante o ano

Caracterização dos Materiais de Construção

Para a caracterização dos materiais de construção, foi feita uma simulação através da opção *Element Library*. No programa, é inserido cada tipo de elemento construtivo relativamente à sua constituição, com as características físicas térmicas de cada material ou solução construtiva. Para o caso, foi necessário introduzirem-se alguns índices diretos como a espessura, o calor específico, a densidade e a condutibilidade térmica de cada material. Estes parâmetros foram obtidos através do ITE 50, (Mendonça 2005) e com recurso à biblioteca de materiais do *Ecotect*. No caso da solução utilizada para as paredes exteriores, dada a falta de informação tanto na biblioteca do programa como no ITE 50, optou-se por utilizar uma solução otimizada, publicada em revista científica, conforme será descrito seguidamente.

Paredes Exteriores

Para as paredes exteriores, como já foi referido, a opção passou pela utilização de blocos de terra comprimida estabilizada (BTC'E). Para a composição destes blocos, o autor, decidiu referenciar o mesmo traço que utilizaram dois recém-premiados arquitetos portugueses, Alina Jeró-

nimo e Paulo Carneiro, aquando da construção de um centro comunitário em Moçambique no ano 2013. Estes dois arquitetos foram contratados pela *ONG Architecture for Humanity (AFH)* para construir o centro comunitário e ecológico de Manica, financiado pela *FIFA no âmbito do programa Football for Hope*. Além destes dois arquitetos projetistas, a equipa era composta por elementos da *AFH* nos EUA, os diretores regionais em África (Kevin Gannon e Alix Ogilvie) e 30 trabalhadores da comunidade local. Este projeto tem sido alvo de grande destaque internacional. A Ordem dos Arquitetos Americana já premiou também o mesmo, assim como a FAUP (Faculdade de Arquitetura da Universidade do Porto) atribuiu o Prémio *Design de Impacto Social* ao arquiteto Paulo Carneiro. Neste contexto, a opção para a composição destes blocos, passa por adicionar à terra 30% de areia do rio lavada e a esta mistura uma percentagem de 7% de cimento (medições em volume). Neste caso, apenas foram realizados ensaios mecânicos que comprovaram a viabilidade desta mistura (Jerónimo & Carneiro, 2012).

São vários os estudos que têm vindo a ser desenvolvidos com materiais que utilizam a terra como componente principal na mistura. A condutibilidade térmica dos mesmos pode variar consoante o tipo de terra, os adjuvantes adicionados, o traço pretendido, a presença de água, o tipo de blocos (maciços ou vazados), entre outros fatores. Durante a pesquisa, o autor tentou recolher o máximo de informação relativa a soluções deste tipo, no entanto a maior informação é relativa a ensaios de carácter mecânico das soluções, e não para avaliação de características térmicas. Uma das soluções analisadas foi a de uma mistura de solo-cimento-cinza de casca de arroz para sistemas de paredes monolíticas. Segundo (Milani & Freire, 2007), aquando do *II Encontro Latino-Americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis*, a incorporação do resíduo agroindustrial cinza de casca de arroz nas misturas de solo-cimento é uma opção bastante viável. Os resultados obtidos nos ensaios laboratoriais referentes à determinação das propriedades térmicas de uma das soluções analisadas indicaram os seguintes valores: condutibilidade térmica de 0,65 W/(m.K), calor específico de 0,96 kJ/(kg.K) e massa específica aparente seca de 1,65 g/cm³. Estes resultados foram conseguidos para uma mistura de 92,5% de solo com 7,5% de cinza, estabilizados com 10% de cimento (Milani & Freire, 2007). Outro dos estudos abordados diz respeito ao aproveitamento de resíduos de betão para a confeção de tijolos prensados de solo-cimento. Segundo (Souza et al., 2008) a adição dos resíduos melhora as propriedades mecânicas da mistura solo-cimento.

Outros dos estudos realizados recentemente, e publicado em revista científica, diz respeito a uma mistura de solo, efetuada com solo de um país Africano, os Camarões. Neste estudo, foi testado uma mistura de solo à qual foi adicionada uma percentagem de 8% de cimento. Foram realizados três ensaios. O primeiro ensaio foi o que apresentou melhores resultados do ponto de vista térmico, no qual, foram obtidos, os seguintes resultados: condutibilidade térmica de 0,75 W/(m.K), densidade igual 1491 kg m⁻³, para uma pressão de compactação de 5.3 MPa. Através de um outro método obtiveram-se, para a mesma amostra, os seguintes resultados: calor específico

da amostra seca igual a 1.013 kJ/kg.°C, amostra húmida igual 1.12 KJ/kg.°C , e densidade da amostra igual a 2013 kg/m³. No mesmo estudo, foram testadas outras soluções, como foi o caso de uma mistura de solo-cimento com adição de pozolanas naturais. Neste caso, a mistura foi a seguinte: 45% de solo, 45% de pozolanas naturais e 10% de cimento. Os resultados obtidos, no primeiro ensaio, foram: condutibilidade térmica de 0,65 W/(m.K), densidade igual 1329 kg m⁻³, para uma pressão de compactação de 4.1 MPa. (Meukam et al., 2004).

Para o caso prático em estudo, admitiu-se que a habitação é toda “levantada” em estrutura autoportante com uma alvenaria de espessura de parede igual a 30cm. Para a alvenaria foram admitidos blocos de terra comprimida estabilizada (BTC'E) com as características físicas e térmicas mencionadas na Figura 5.8.

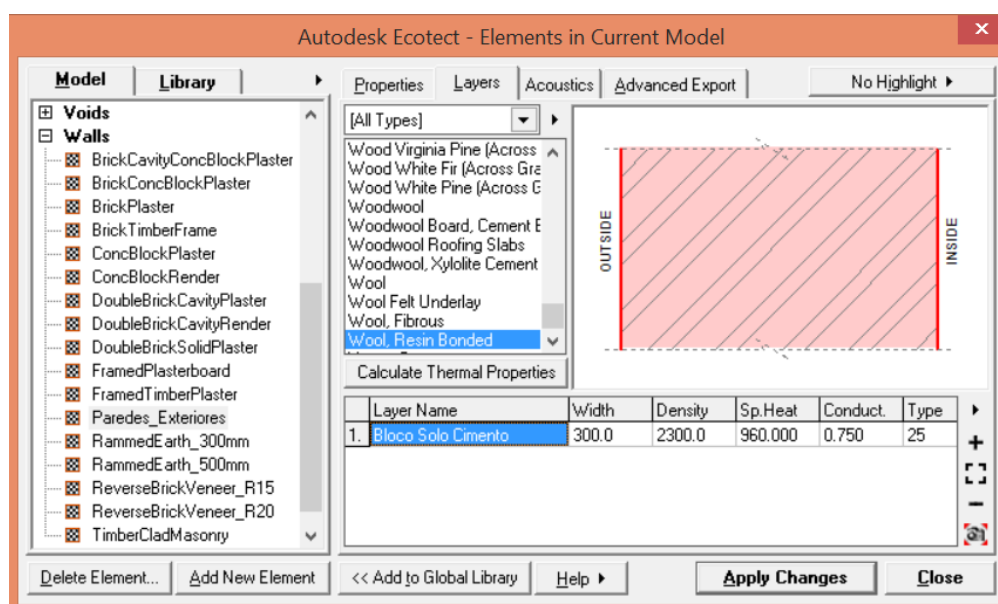


Figura 5.8 – Características físicas e térmicas relativas aos blocos de solo-cimento (Biblioteca do Ecotect)

Cobertura

Conforme anteriormente revisto, a opção para a cobertura passou pelo uso de telha cerâmica apoiada em estrutura de madeira. Sob esta estrutura, admitiu-se um desvão de 20 cm não ventilado. Como o elemento não possui laje de esteira, a cobertura do teto, foi idealizada com placas de madeira densa. A escolha da telha cerâmica deveu-se à sua fácil aplicação e maior resistência, sendo fatores decisivos na escolha do mesmo. O facto de ser um produto ecológico, não tóxico, renovável e biodegradável, também justificou a sua escolha. Nas primeiras soluções testadas no *software*, não se colocou qualquer tipo de isolamento na cobertura. No entanto na solução melhorada foi colocado um isolamento térmico, XPS, entre a telha e a estrutura de madeira.

Na Figura 5.9 são apresentadas as características físicas e térmicas da solução melhorada. Estes parâmetros foram obtidos com recurso à biblioteca de materiais do *Ecotect* e confirmados através do ITE 50, (Mendonça, 2005)

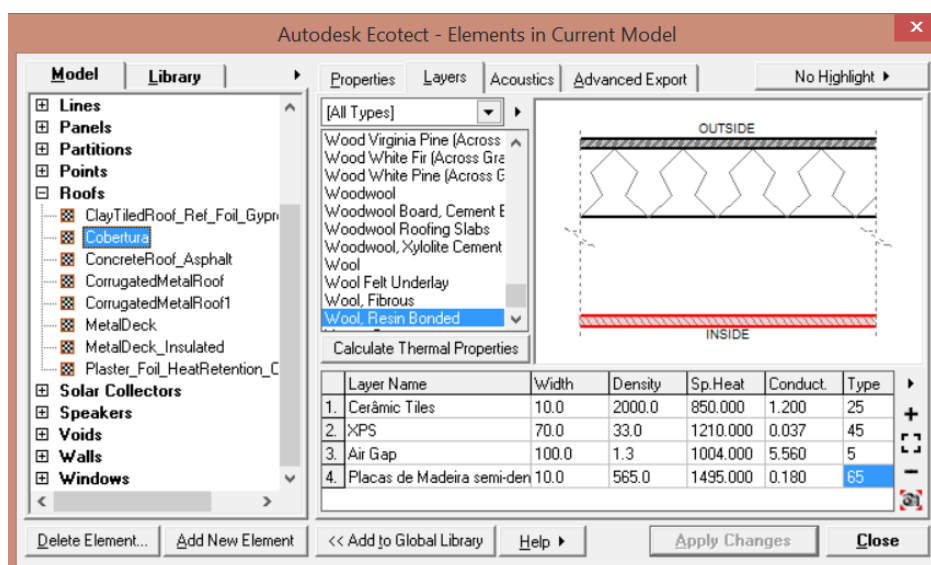


Figura 5.9 - Características Físicas e Térmicas da Cobertura Final

Caixilhos e Envidraçamento

No caso das janelas, nas simulações efectuadas o *software* despreza os ganhos e perdas térmicas relativas aos caixilhos em madeira. Nas análises dinâmicas, apenas é contabilizada a condutibilidade térmica dos envidraçados.. Na Figura 5.10, são representadas as características físicas e térmicas da solução final. Estes parâmetros foram obtidos com recurso à biblioteca de materiais do *Ecotect* e confirmados através do ITE 50, (Mendonça 2005).

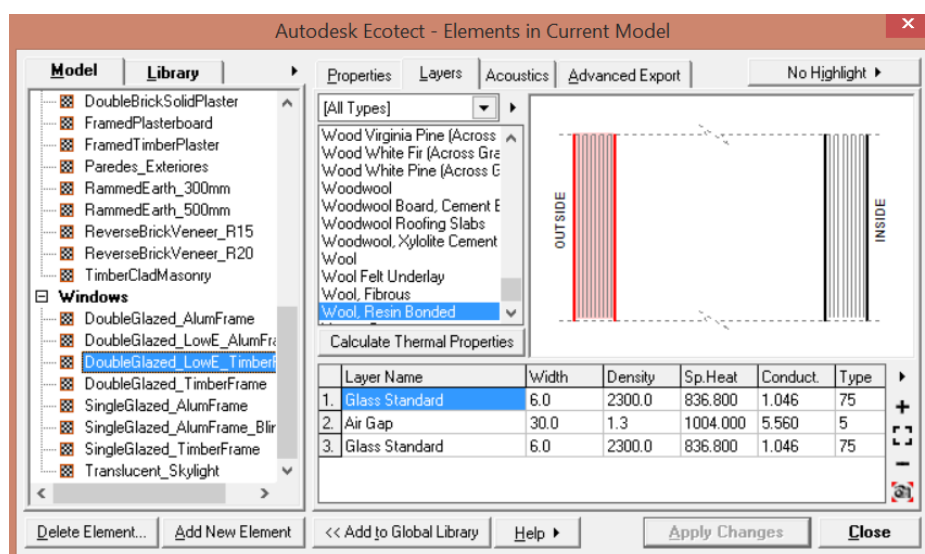


Figura 5.10 - Características físicas e térmicas relativas ao vidro duplo (Biblioteca do *Ecotect*)

Inicialmente, foram adotados envidraçados de vidro simples, mas dada a fraca eficácia destes no contexto da economia energética, foi posteriormente adotada uma solução com vidros duplos de baixa emissividade. Esta opção encarece obviamente o custo da habitação mas traz benefícios indiscutíveis no plano energético e por isso deve ser ponderada

Actividades (Schedules)

No programa utilizado, foi necessário definir o nível de utilização e de operação de cada compartimento da habitação. Desta forma, foi possível contabilizar-se os ganhos internos dos ocupantes e as suas atividades no interior da habitação. Esta carateização teve em conta o perfil dos compartimentos quanto às suas atividades (Schedules), isto é, a duração e rotina de uma determina actividade num determinado compartimento. A ocupação, o nível de metabolismo (em função do tipo de atividade), as infiltrações, e os ganhos internos provenientes de equipamentos AVAC (aquecimento, ventilação e ar condicionado) também foram simulados. Neste contexto, foi também necessário definir um horário em função da utilização de cada compartimento. Para tal, utilizou-se a base de dados que o programa dispõe para definir todos os campos acima mencionados.

Condições Interiores do Projeto da Habitação

Neste campo foi necessário definir alguns parâmetros que a biblioteca do programa disponibiliza como: a resistência térmica do vestuário, a humidade relativa, a velocidade do ar, os ganhos internos e o nível de iluminação. A Figura 5.11 ajuda a perceber a metodologia utilizada.

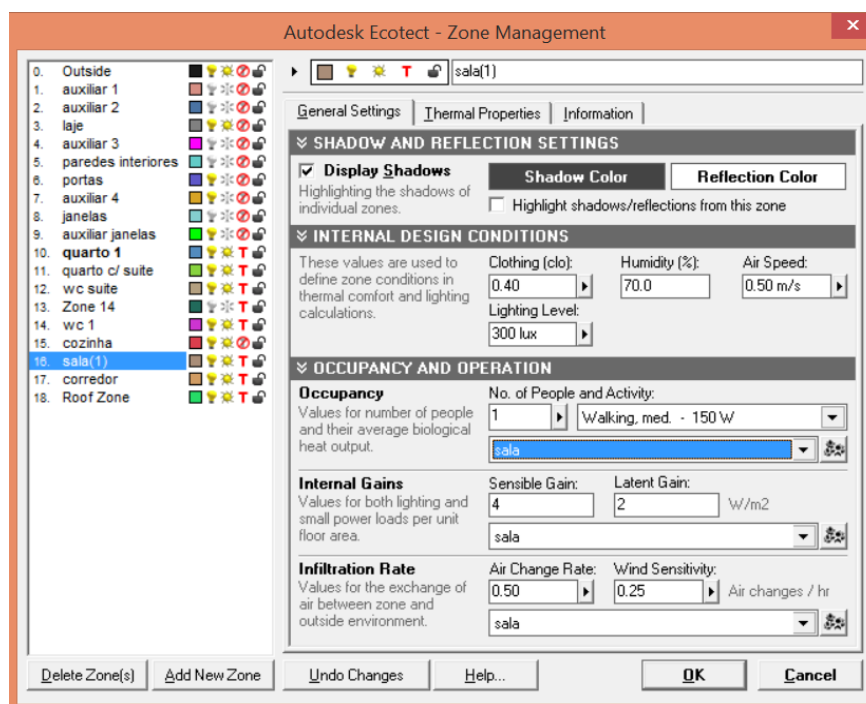


Figura 5.11 – Caracterização do ambiente interno da habitação no *Ecotect*.

Através da Figura 5.11 é possível analisar alguns dos valores dos parâmetros atrás mencionadas. Por exemplo, relativamente aos ganhos internos, utilizou-se o valor padrão assumido pelo programa de 4 W/m² para equipamentos ocupação e iluminação. Já no que diz respeito a valor da humidade relativa (HR), conforme analisado anteriormente, para o caso em estudo este valor pode variar entre 65% a 75%. Neste contexto, optou-se admitir para HR o valor de 70%. Considerou-se ainda a resistência térmica do vestuário 0,4 *clo*, a velocidade do ar de 0,5m/s foi ainda definido um nível de iluminação de 300 lux. Estes dois últimos parâmetros foram obtidos na biblioteca do programa.

5.3.1. Resultados do Caso Prático

Após a definição de todos os elementos necessários para uma correta simulação, procedeu-se a uma análise dinâmica com o objetivo de simular as necessidades energéticas da habitação em estudo. O resultado destas simulações é expresso num gráfico e em valor numérico para cada mês com as unidades em Wh (watt-hora). Desta forma, foi possível calcular as necessidades energéticas anuais de arrefecimento e aquecimento.

Os níveis de iluminação natural no interior da habitação também foram alvo de simulação e análise, conforme será apresentado posteriormente.

Simulação das Necessidades Energéticas da Habitação

As necessidades energéticas em climas tropicais são maioritariamente necessidades de arrefecimento. Para o caso em análise, a simulação foi feita num dia de Verão, o dia 1 de Dezembro às 12h45, com o objetivo de maximizar as necessidades energéticas. Na primeira análise, foi simulado o edifício para a má orientação solar (Figura 5.5) e os resultados obtidos no programa são os apresentados na Figura 5.12.

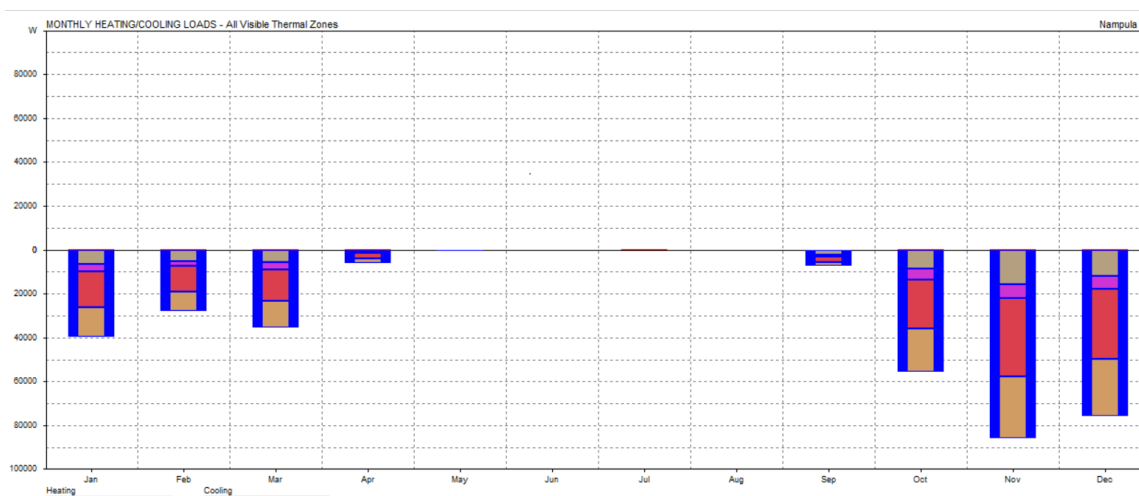


Figura 5.12 – Necessidades de energéticas na primeira simulação. Unidades: Wh

Conforme o esperado, o edifício requer níveis de arrefecimento considerados elevados em quase todos os meses do ano, principalmente nas estações mais quentes do ano. No mês de Janeiro, por exemplo, o valor de arrefecimento ronda os 39862 Wh, ou seja, 39,839 kWh (quilowatt-hora).

Os resultados obtidos para as necessidades de aquecimento e arrefecimento, para todos os meses do ano, encontram-se descritos na Tabela 5.3.

Tabela 5.2 – Necessidades energéticas da habitação relativas à proposta inicial

Mês	Aquecimento (kWh)	Arrefecimento (kWh)	Total (kWh)	Total (kWh/m ²)
Janeiro	0,023	39,839	39,862	0,443
Fevereiro	0,024	27,950	27,974	0,311
Março	0,034	35,546	35,580	0,395
Abril	0,005	6,183	6,188	0,069
Maio	0,000	0,674	0,674	0,007
Junho	0,000	0,000	0,000	0,000
Junho	0,203	0,000	0,203	0,002
Agosto	0,000	0,000	0,000	0,000
Setembro	0,000	7,551	7,551	0,084
Outubro	0,052	55,508	55,560	0,617
Novembro	0,059	85,969	86,028	0,956
Dezembro	0,050	75,703	75,753	0,842
Total (kWh)	0,450	334,923	335,373	3,726

Com o objetivo de aumentar a eficiência energética da habitação em estudo, foi efetuada uma nova simulação. De acordo com o estudo de caso, procedeu-se à simulação da habitação com a orientação solar otimizada, definida na Figura 5.6. Os resultados apresentam-se na Figura 5.13.

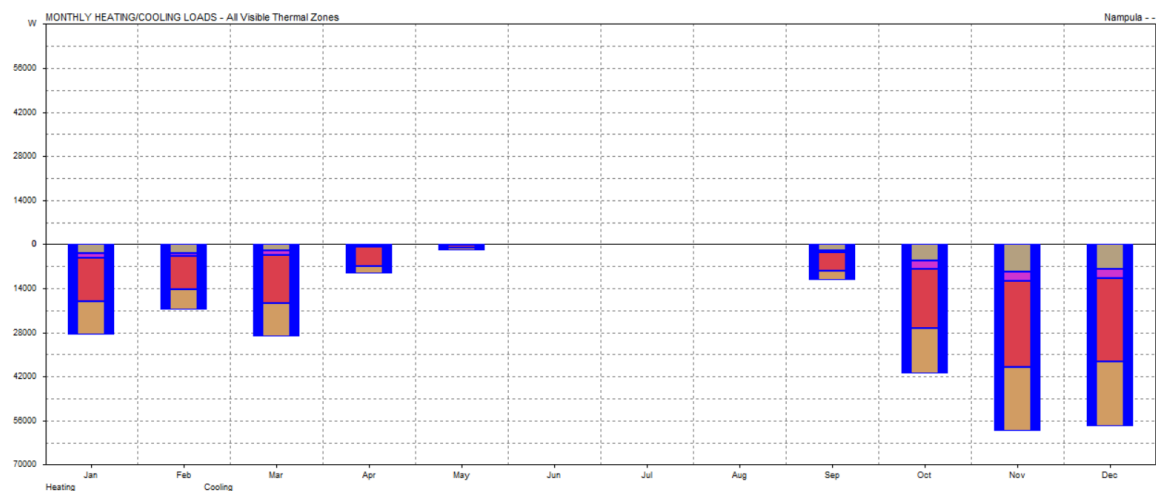


Figura 5.13 - Necessidades energéticas com orientação solar otimizada. Unidades: Wh

Nesta avaliação, como era de esperar, as necessidades de arrefecimento diminuíram consideravelmente, apenas alterando a disposição da habitação relativamente ao percurso solar. Tomando como exemplo mais uma vez o mês de Janeiro, estes valores reduziram de 39,839 kWh para 28,668 kWh.

Os resultados obtidos para as necessidades de aquecimento e arrefecimento, para todos os meses do ano da solução com a orientação solar otimizada, encontram-se descritos na Tabela 5.3.

Tabela 5.3 – Necessidades Energéticas da habitação relativas à boa orientação solar

Mês	Aquecimento (kWh)	Arrefecimento (kWh)	Total (kWh)	Total (kWh/m ²)
Janeiro	0,026	28,668	28,694	0,319
Fevereiro	0,024	20,858	20,882	0,232
Março	0,034	29,180	29,214	0,325
Abril	0,005	9,406	9,411	0,105
Maio	0,000	1,887	1,887	0,021
Junho	0,000	0,000	0,000	0,000
Junho	0,151	0,000	0,151	0,002
Agosto	0,000	0,000	0,000	0,000
Setembro	0,000	11,457	11,457	0,127
Outubro	0,052	40,982	41,034	0,456
Novembro	0,063	59,314	59,377	0,660
Dezembro	0,056	57,923	57,979	0,644
Total (kWh)	0,411	259,675	260,086	2,890

Os resultados obtidos anteriormente comprovam, como era de esperar, que as necessidades energéticas da habitação são basicamente necessidades de arrefecimento. Na última coluna da mesma tabela, os resultados são apresentados em função da área útil de pavimento, considerada com 90m².

Pela análise da Tabela 5.2 e da Tabela 5.3, podemos verificar que as necessidades energéticas anuais da habitação em estudo (em função da área útil de pavimento) reduziram de 3,72 kWh/m² para 2,89 kWh/m², apenas mudando a orientação da habitação em função do percurso solar. Contudo as necessidades nominais de arrefecimento continuam a ser consideráveis. Tomando como exemplo o valor das necessidades arrefecimento, verifica-se que este é ainda bastante elevado.

5.3.2. Melhoria da Habitação Experimental

Com o objetivo de se continuar a melhorar os resultados relativos às necessidades energéticas e níveis de iluminação natural da habitação em causa, fizeram-se algumas alterações no pro-

jeto inicial, voltando a aplicar alguns dos dados resultantes do estudo. As alterações relativamente ao projeto inicial foram as seguintes:

- Redimensionamento das áreas de envidraçado;
- Prolongamento da cobertura;
- Alteração do vidro simples por vidro duplo com emissividade das superfícies em contacto com a caixa-de-ar baixa;
- Colocação de elemento de sombreamento, o caso da pergola;
- Colocação de isolamento térmico na cobertura (XPS).

Simulação das Necessidades Energéticas da Habitação

Após a alteração dos elementos constituintes da envolvente exterior no programa, e feitas as alterações propostas, procedeu-se ao cálculo das necessidades energéticas do edifício, conforme calculado nas soluções anteriores. A simulação foi realizada para o dia 1 de Dezembro às 12h45.

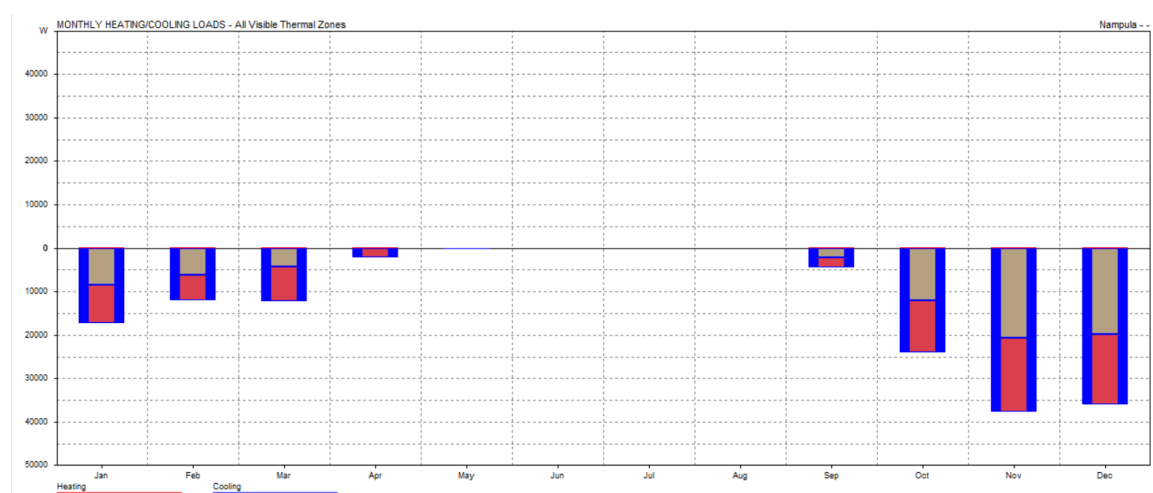


Figura 5.14 – Necessidades de arrefecimento. Proposta de Melhoria

Depois de efetuadas as alterações, como era de esperar, as necessidades energéticas da habitação diminuíram consideravelmente. Avaliando uma vez mais o mês de Janeiro, e as necessidades de arrefecimento relativas ao mesmo, estes valores reduziram para 17,162 kWh. Note-se que na primeira solução apresentada o valor era de 39,839 kWh.

Conforme apresentado na Figura 5.14, as alterações que foram feitas na habitação, relativamente à solução inicial, contribuíram muito para a redução das necessidades de arrefecimento da habitação. Todos os resultados obtidos nesta simulação, para os vários meses do ano, encontram-se discriminados na Tabela 5.4.

Tabela 5.4 – Necessidades energéticas da habitação relativas a proposta de melhoria

Mês	Aquecimento (kWh)	Arrefecimento (kWh)	Total (kWh)	Total (kWh/m ²)
Janeiro	0,058	17,242	17,300	0,192
Fevereiro	0,048	12,048	12,096	0,134
Março	0,071	12,201	12,272	0,136
Abril	0,021	2,128	2,149	0,024
Maio	0,000	0,231	0,231	0,003
Junho	0,000	0,000	0,000	0,000
Junho	0,000	0,000	0,000	0,000
Agosto	0,000	0,000	0,000	0,000
Setembro	0,001	4,458	4,459	0,050
Outubro	0,091	23,987	24,078	0,268
Novembro	0,115	37,615	37,730	0,419
Dezembro	0,114	36,075	36,189	0,402
Total (kWh)	0,519	145,985	146,504	1,628

Comparação de Resultados

Na seguinte, Tabela 5.5, é possível perceber melhor o trabalho realizado. Fazendo uma análise comparativa entre a proposta inicial, o modelo com a orientação solar otimizado e proposta de melhoria, verifica-se que a introdução de soluções passivas reduz significativamente as necessidades energéticas de aquecimento arrefecimento.

Tabela 5.5 – Análise Comparativa das Soluções

RESULTADOS	Proposta Inicial (kWh/m ²)	Orientação Solar Otimizada (kWh/m ²)	Proposta de Melhoria (kWh/m ²)
Janeiro	0,443	0,319	0,192
Fevereiro	0,311	0,232	0,134
Março	0,395	0,325	0,136
Abril	0,069	0,105	0,024
Maio	0,007	0,021	0,003
Junho	0,000	0,000	0,000
Junho	0,002	0,002	0,000
Agosto	0,000	0,000	0,000
Setembro	0,084	0,127	0,050
Outubro	0,617	0,456	0,268
Novembro	0,956	0,660	0,419
Dezembro	0,842	0,644	0,402
Total (kWh/m²)	3,726	2,890	1,628

Reduções Energéticas	0	0,836522222	2,098544444
-----------------------------	----------	--------------------	--------------------

Comparando a solução inicial com a última proposta, ou seja, a proposta de melhoria, registou-se uma significativa redução das necessidades energéticas do modelo habitacional. Comparando as duas soluções este valor diminui de 3,73 kWh/m² para 1,62 kWh/m², havendo uma redução de aproximadamente 2,1 kWh/m². Contudo, ainda poderiam ser adotadas mais medidas que contribuíssem para uma maior redução das necessidades energéticas. Neste cenário, caso se optasse pela otimização da ventilação natural, seriam obtidas reduções ainda mais significativas. No entanto, este tipo de análise, não é recomendada para ser efetuada pelo *software* em questão. Neste contexto da ventilação, o uso de sistemas mistos, que funcionasse em regime de ventilação natural complementado pelo uso de ventoinhas de baixo consumo seria uma excelente contribuição para a redução das necessidades energéticas. Com estas análises importa afirmar, que para os diversos contextos climáticos de Moçambique, em teoria, se devidamente aplicadas estratégias bioclimáticas estudadas é possível gerar ambientes confortáveis nas habitações durante quase todo o ano.

Estes resultados vêm comprovar que para os diversos contextos climáticos de Moçambique, se devidamente aplicadas algumas técnicas e estratégias bioclimáticas é possível gerar ambientes confortáveis nas habitações durante quase todo o ano.

Representação final do modelo de habitação Proposto

Depois de todas as simulações efetuadas, e depois de definidas todas as envolventes e materiais utilizados procedeu-se à representação final da habitação. Para tal, foram utilizados os *softwares* de desenho *AutoCad* e *ArchiCad*. O modelo encontra-se representado na Figura 5.15



Figura 5.15 – Representação da habitação final proposta

Ventilação Natural

Como foi anteriormente estudado, um eficiente sistema de ventilação natural para a habitação proposta possibilitará uma redução ainda mais significativa nas necessidades energéticas da mesma. Contudo, conforme referido, as ferramentas que o programa disponibiliza não permitiram tal exploração. No entanto, foi pensado um sistema de ventilação cruzada permanente para a cobertura da mesma. Esta envolvente é sem dúvida a que maior radiação solar recebe e consequentemente a detentora de maiores ganhos de calor para o interior da habitação que será apresentado seguidamente a título ilustrativo. Desta forma procedeu-se à elaboração de um sistema funcional de renovação de ar que atua por todo o volume da cobertura. Desta forma, este sistema permite que o ar sob pressão atravessasse toda a laje de esteira através de aberturas opostas, dissipando assim o calor acumulado na mesma. Este sistema de ventilação atua permanentemente e o facto destas aberturas serem colocadas em posições mais altas permite boas taxas de ventilação.

Na Figura 5.16 é apresentado a título exemplificativo, e sem resultados experimentais, um sistema conseguido por pequenas aberturas na cumieira, capaz ventilar o desvão da cobertura, e, desta forma, reduzir os ganhos de calor. Estas aberturas são conseguidas através de um sistema repetitivo, efetuado com canas de bambu, com um espaçamento de 1cm em fachadas opostas. Desta forma, a ventilação natural cruzada é assegurada.



Figura 5.16 – Representação do sistema de Ventilação adotado

6. CONCLUSÕES E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

6.1. Conclusão

Na presente dissertação foi tornado evidente a necessidade de se utilização de materiais mais sustentáveis no processo de conceção dos projetos de construção de edifícios de habitação para a região tropical, adequando-os às efetivas condições do clima local. Foi também analisadas as vantagens de utilização dos procedimentos da arquitetura bioclimática, dado ser aquela se melhor adequa às condicionantes locais, sejam elas climáticas, solares, formais e espaciais. Resumidamente estas sintetizam-se para a região tropical em:

- Localização, orientação e forma do edifício (influência do sol e do vento);
- Técnicas de dissipação do calor (ventilação e arrefecimento evaporativo);
- Técnicas de proteção contra o calor (inércia térmica, sombreamento, cores claras).

Através do caso experimental realizado, foi possível aplicar algumas das técnicas descritas que, através da experimentação possibilitou a validação dos conhecimentos adquiridos ao longo da dissertação. Para além da possibilidade de se testar diferentes soluções, foi possível a otimização do posicionamento e orientação do edifício face ao percurso solar, ao dimensionamento e abertura de vãos, respetivos sistemas de sombreamento, face aos níveis interiores de iluminação natural, entre outros, que daí resultam. Fazendo uma análise comparativa entre a proposta inicial, o modelo com a orientação solar otimizado e proposta de melhoria, verifica-se que a introdução de soluções passivas reduz significativamente as necessidades energéticas de aquecimento arrefecimento.

Para além de todo o conhecimento e aplicação das técnicas e sistemas, fica claro que é crucial para que todo o processo resulte, a necessidade destas se estabelecerem de acordo com o meio cultural, ambiental e económico de cada região.

Com estas análises importa afirmar, que para os diversos contextos climáticos de Moçambique, em teoria, se devidamente aplicadas estratégias bioclimáticas estudadas é possível gerar ambientes confortáveis nas habitações durante quase todo o ano.

6.2. Desenvolvimentos Futuros

A presente dissertação tentou abranger através de conceitos basicamente teóricos, e de um exemplo prático, as potencialidades na adoção de técnicas, materiais, e consequentes soluções construtivas passivas, em regiões de clima tropical. As estratégias bioclimáticas, e a escolha dos

corretos materiais de construção, são um dos caminhos a seguir para o alcance da construção sustentável. A contribuição deste estudo, reflete ainda as vantagens da construção tradicional no emprego deste tipo de soluções. Contudo, há ainda alguma deficiência de documentação científica, como por exemplo, informação relativa às características térmicas de matérias mais recentes, como é o caso dos blocos do solo-cimento (BTC'E). Neste contexto, o desenvolvimento de novos estudos e de novas soluções construtivas relativas à incorporação de novos materiais nas construções deve ser mais explorado. A utilização futura deste tipo de materiais torna-se extremamente importante no plano da sustentabilidade e da economia energética. Existem também lacunas na existência de dados concretos sobre alguns materiais locais, e, por isso, estes necessitam de ser mais investigados, caracterizados e documentados nas diversas regiões. Neste sentido, considera-se que outro fator importante é a identificação, caracterização e avaliação do ciclo de vida dos materiais e das soluções construtivas típicas de cada região.

O estudo da viabilidade de recorrer a estes sistemas e processos construtivos em habitações destinadas ao espaço rural, em particular, na construção de habitação de custos controlados e reduzidos, deve também ser mais detalhado. Recomenda-se ainda o estudo em relação ao poder económico dos seus potenciais clientes, uma vez que há soluções que podem ser economicamente inviáveis. Também poderá ser feita uma divisão relativa a construções temporárias e construções definitivas, ou ainda a viabilidade de aproveitamento para o ecoturismo.

Os desenvolvimentos possíveis deste estudo devem também focar-se na elaboração de um conjunto de soluções construtivas possíveis de serem utilizadas pelos projetistas em diferentes regiões. Por exemplo, a construção de uma base de dados de resultados padrão pode, de certa forma, auxiliar a avaliação e comparação de qual a melhor solução construtiva para cada região e tipologia de edifício.

Em suma, no futuro há muito trabalho que pode, e deve, ser realizado para o alcance da sustentabilidade desejada neste setor.

BIBLIOGRAFIA

AFONSO, Cláudio M. I. – *Uso da Antracologia como Instrumento de Fiscalização do Carvão Vegetal em Moçambique*. Dissertação de Graduação em Engenharia Florestal, Curitiba, Universidade Federal do Paraná, 2012.

AFONSO, R.S.; MARQUES, J. M. - *Recursos Minerais da República de Moçambique: Contribuição para o seu conhecimento*. Lisboa, Instituto de Investigação Científica Tropical: Direção Nacional de Geologia, 1993.

ALBUQUERQUE, A. M. - *Arquitetura Moderna em Moçambique. Inquérito à Produção Arquitetónica em Moçambique nos últimos Vinte e Cinco Anos do Império Colonial Português - 1949-1974*. Dissertação de Graduação, Coimbra, DA-FCT-UC, 1998.

ALEXANDER, D. - . *Disasters*. Northern Italian dam failure and mudflow, Vol. 10, págs. 3-7, Issue 1, 1986.

ALMEIDA, André Freire – *Arquitectura em Clima Tropical. Viagem à obra de Francisco Castro Rodrigues em Angola*. Tese de Mestrado em Arquitectura, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, 2012.

AMADO, M. P. (Cord) – *Relatório de Candidatura à Concessão de Terrenos em Cacuaco – Angola*. Luanda, Cunha & Irmão SARL, 2009.

AMADO, M. P. - *Planeamento Urbano Sustentável*. Lisboa, Caleidoscópio - 2ª edição, 2005.

AMADO, M. P. – *O Processo do Planeamento Urbano Sustentável*. Dissertação para a obtenção do grau académico de doutor em Ciências da Engenharia do Ambiente na especialidade de Planeamento e Ordenamento do Território, UNL-FCT, 2004.

AMADO, M.; PINHO, F.; FARIA, P.; RAMALHETE, I. – *Eco-wall modular solutions for buildings*. 9th International Masonry Conference, Guimarães, 2014.

AMBRÓSIO, Joaquim Carlos – *Técnicas Construtivas Sustentáveis: Lajes de terra armada com bambu*. Dissertação para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, Universidade de Aveiro, 2012.

ARCHER C. L., JACOBSON, M. Z. - *Evaluation of global wind power*. Journal of Geophysical Research, Vol. 110, Department of Civil and Environmental Engineering, Stanford University California, 2005.

AYOADE, J.O. – *Introdução à Climatologia para os Trópicos*. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 1996.

BAWEJA, Vandana – *A Pre-history of Green Architecture: Otto Koenigsberger and Tropical Architecture, from Princely Mysore to Post-colonial London*. Tese de Doutoramento em Filosofia da Arquitetura, Universidade de Michigan, 2008.

BAY, J.; ONG, B. – *Tropical Sustainable Architecture: Social and Environmental Dimensions*. Oxford, Architectural Press, 2006.

BOAS, Márcio V. - *Ventilação em arquitetura*. Monografia, Faculdade de Arquitetura de Brasília, 1983.

CACHIM, P. Barreto - *Construções em Madeira, a Madeira como Material de Construção*. Porto, Publindústria, 2007.

CLARK, Lynn – *Bamboo Diversity*. Iowa, State University, 2005. (Consultado em 02/05/2014). <http://www.eeob.iastate.edu/research/bamboo/maps.html>

CLARK, M. C. – *Transformational Learning, New Directions for Adult and Continuing Education*. Vol. 1993, pages 47–56, Issue 57, 1993.

CLARO, A. – *Arquitetura Indígena*. Elementos de apoio da disciplina “Tecnologia da Edificação”, Universidade Federal de Santa Catarina, 2008.

CORBELLA, O.; YANNAS, S. – *Em busca de uma Arquitetura Sustentável para os Trópicos*. Rio de Janeiro, Editora Revan, 2009.

COSTA, João P. L. – *O Bambu na Construção Rural*. Monografia apresentada para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrícola, Anápolis - Goiás, 2012.

CRAIN, Edward – *Historic Architecture in the Caribbean Islands*. Gainesville, University Press of Florida, 1994.

CREMONESI, F., KRONKA, R., NEGRÃO W., MONTEIRO, L. M. – *Clima e Arquitetura Vernacular*. São Paulo, Elementos de apoio da disciplina “Conforto Ambiental I - Fundamentos”, FAU - USP, 2012.

CUMBE, Â. N. P. – *O Património Geológico de Moçambique: Proposta de Metodologia de Inventariação Caracterização e Avaliação*. Dissertação para obter o grau de Mestre em Património Geológico e Geoconservação, Universidade do Minho - Braga, 2007.

ELTAYARI, Muna Saoud Faria - *Aeroporto Internacional de Nacala, Ensaios para Controlo de Terraplenagens e Fundações*. Relatório de Estágio para obtenção do grau de Mestre em Engenharia na Área de Especialização de Edificações, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, 2012.

FERNANDES, J. Manuel – *África, Arquitectura e Urbanismo de Matriz Portuguesa*. Casal de Cambra, Caleidoscópio, 2011.

FERNANDES, J.; MATEUS, R.; BRAGANÇA, L. – *Princípios de Sustentabilidade na Arquitectura Vernacular em Portugal*. Congresso Construção, Coimbra, 2012.

FERNANDES, José Manuel – *Património de Influência Portuguesa*. Fundação Calouste Gulbenkian, s/d.
<http://www.hpip.org/def/pt/Conteudos/Contextos/AfricaSubsaariana/Mocambique> (Consultado em 28/08/2014).

FONTE, Maria Manuela Afonso da – *Urbanismo e Arquitetura em Angola de Norton de Matos à Revolução*. Doutoramento em Planeamento Urbanístico, FAUTL: Universidade Técnica de Lisboa - Faculdade de Arquitetura, 2006.

FORJAZ, J. - *Moçambique, Melhoramento dos Assentamentos Informais, Análise da Situação & Proposta de Estratégias de Intervenção*, Maputo, 2006.

GOMES, Thiago Henrique Nogueira – *Sustentabilidade nas Construções em Ambiente Tropical*. Lisboa, Tese de Mestrado em Engenharia Civil, FCT-UNL, 2012

GOURGEL, Mário Alcino Pio – *A importância da Arquitetura Sustentável nos países de clima tropical. Análise de casos na cidade de Luanda*. Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em Arquitetura, Instituto Superior Técnico de Lisboa, 2012.

GRIMALT, J.; MACPHERSON, E. - *Special issue: the environmental impact of the mine tailing accident in Aznalcóllar (S.W. Spain)*. Science of the Total Environment, Vol. 242, p. 337, Spain, 1999.

GUEDES, M. C. (Coordenador de Projeto) – *Arquitetura Sustentável em Guiné-Bissau: Manual de Boas Práticas*. Lisboa, Ed. CPLP, 2011. (a)

GUEDES, M. C. (Coordenador de Projeto) – *Arquitetura Sustentável em Cabo Verde: Manual de Boas Práticas*. Lisboa, Ed. CPLP, 2011 (b)

GUEDES M. C. (Coordenador de Projeto) – *Arquitetura Sustentável em Moçambique: Manual de Boas Práticas*. Lisboa, Ed. CPLP, 2011 ©.

GUEDES, M. C. (Coordenador de Projeto) – *Arquitetura Sustentável em Angola: Manual de Boas Práticas*. Lisboa, Ed. CPLP, 2011 (d).

HENRIQUES, F. - *Comportamento Higrotérmico De Edifícios*. Faculdade de Ciências e Tecnologia - Universidade Nova de Lisboa, 2011.

IDS – *Inquérito Demográfico e de Saúde*. Instituto Nacional de Estatística; Ministério da Saúde de Maputo, Moçambique, 2011

INOCÊNCIO, Débora A. S. – *Construção e Arquitetura Sustentáveis em Cabo Verde, Estudo de Estratégias de Projeto Sustentável*. Tese de Mestrado, Instituto Superior Técnico de Lisboa, 2012.

JERÓNIMO, Alina; CARNEIRO, Paulo. - *Le Royaume de Manica. Amélioration des systèmes de construction locaux. Mémoire du Diplôme de Spécialisation et d'approfondissement - Architecture de Terre*. Mention Patrimoine, páginas 89-132, DSA-Terre 2010-2012. CRAterre, École Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble, 2014.

KIBERT, Charles – *Sustainable Construction: Green Building Design and Delivery (2^o Edition)*. New Jersey, John Wiley & Sons, 2008

LÄCHELT, S. - *Geology and mineral resources of Mozambique*. Direcção Nacional de Geologia, Maputo, 2004.

LANGA, Filipe Jorge Laranjeira – *ATLAS DO PERFIL HABITACIONAL DE Moçambique (1997 a 2007), Uma abordagem do SIG*. Dissertação para obtenção do grau de Mestre em

Estatística e Gestão de Informação, Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação da Universidade Nova de Lisboa, 2010.

LOPES, Leão – *Manual Básico de Construção: Guia ilustrado para a construção de habitação*. Mindelo, Ministério das Infra-estruturas e Habitação, 2001.

MABALEKA, Bonginkosi G. – *The Vernacular Architecture as a Model for Sustainable Design in Africa*. Architecture Journal, 2010. (Consultado em 27/02/2014). <http://www.mendeley.com/research/vernacular-architecture-model-sustainable-design-africa/>

MAGALHÃES, A. – *Estação de Caminho de Ferro da beira: Apogeu e Crítica do Movimento Moderno em Moçambique. Atas do Congresso Internacional Saber Tropical em Moçambique: História, Memória e Ciência*. Lisboa, IICT – JBT / Jardim Botânico Tropical, 2012.

MARTINS, Vítor M. V. – *Alvenaria em Solo-Cimento para Moradias Unifamiliares em Angola*. Dissertação para obter o Grau de Mestre em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2011.

MATEUS, R. – *Novas Tecnologias Construtivas com Vista à Sustentabilidade da Construção*. Tese de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade do Minho, 2004.

MEADOWS, D. H., MEADOWS, D. L., RANDERS, J., BARRADAS, A., CARMO, B. P. - *Além dos limites, Da catástrofe total ao futuro sustentável*. Lisboa, Difusão Cultural, 1993.

MELO, Vanessa de Pacheco - *Urbanismo português na cidade de Maputo: passado, presente e futuro, urbe*. Revista Brasileira de Gestão Urbana, Brazilian Journal of Urban Management, 2013.

MENDONÇA, P. -*Habitar sob uma segunda pele: estratégias para a redução do impacto ambiental de construções solares passivas em climas temperados*, Tese de Doutoramento em Engenharia Civil, Universidade do Minho, 2005.

MEUKAM, P.; JANNOT, Y.; NOUMOWE, A.; KOFANE, T.C. – *Thermo physical characteristics of economical building materials*. Construction and Building Materials, vol. 18, pág. 437-443, Elsevier, 2004.

MOREIRA, A. Mendes – *Pedras Naturais*. Tomar, Elementos de apoio da disciplina “Materiais de Construção I”, Instituto Politécnico de Tomar, 2008.

MONTEIRO, Andreia Cristiana de Oliveira – *A Arquitetura Bioclimática. Experiência e aplicação em Portugal*. Dissertação de Mestrado Integrado em Arquitetura, FCTUC, 2011.

MUCHANGOS, Aniceto – *Moçambique: Paisagens e Regiões Naturais*. Maputo, A. dos Muchangos, 1999.

OLIVEIRA, E.; GALHANO, F. - *Arquitetura Tradicional Portuguesa*. Lisboa, Publicações Dom Quixote; 1991.

OLIVER, Paul – *Built to Meet Needs: Cultural Issues in Vernacular Architecture*. Ed. Architectural Press, Oxford, 2006.

OLIVER, Paul – *Encyclopedia of Vernacular Architecture of the World: Cultures and Habitat* – Vol. II. Cambridge, Cambridge University Press, 1997.

OLIVER, Paul – *Encyclopedia of Vernacular Architecture of the World: Cultures and Habitat* – Vol. I. Cambridge, Cambridge University Press, 1997.

PASSOS, I. C. da Silva – *Clima e Arquitetura Habitacional em Alagoas: Estratégias Bioclimáticas para Maceió, Palmeira dos Índios e Pão de Açúcar*. Tese de Mestrado, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2009.

PEREIRA, Italma – *Construção e Arquiteturas Sustentáveis na Guiné-Bissau: Oportunidades e Desafios*. Dissertação para obter o Grau de Mestre em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2009.

PIRES, André Manuel Chéu – *Análise de Paredes de Tabique e de Medidas de Reforço Estrutural; Estudo Numérico*. Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de Mestre em Engenharia Civil – Especialização em Estruturas, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2013.

PORTO, A. L. G.; DELGADO, G. M.; MELO, F. J. F.; JUNIOR, J. F. M. A., DEMARZO, M. A. – *Indicadores de Sustentabilidade (LCA) e Análise do Ciclo de Vida para Madeiras de Reflorestamento na Construção Civil*. UNICAMP, São Paulo, 2008. (Consultado em 05/03/2013).

http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2008/anais/arquivosEPG/EPG01033_02_A.pdf

PRIANTO, E.; BONNEAUD, F.; DEPECKER P.; PENEAU, J. P. – *Tropical-Humid Architecture in Natural Ventilation Efficient Point of View, A Reference of Traditional Architecture in Indonesia*. International Journal on Architectural Science, Volume 1, nº 2, pág. 80-95, 2000.

RODRIGUES, Paulina Faria - *Construções em Terra Crua. Tecnologias, Potencialidades e Patologias*, Revista Musa, Vol. 2, págs.149-155, Fórum Intermuseus do Distrito de Setúbal (FIDS) e Museu de Arqueologia e Etnografia do Distrito de Setúbal, 2005.

RODRIGUES, Paulina Faria; HENRIQUES, Fernando M. A. – *Construções em Terra: Conservação do Património Existente e Perspectivas Futuras*. In Patorreb, págs. 273-282, FEUP, 2006.

SAMPAIO, C.H.; JOSÉ, D. S. – *Estado da Arte da Mineiração em Moçambique: Caso Carvão de Moatize, Tete*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul- RS, Brasil, 2011.

SERRA, Filipe C. – *Implementação de Fontes de Energia Renovável em Meio Urbano: O Caso do Bairro da Portela de Sacavém*. Dissertação para obter o Grau de Mestre em Engenharia Física Tecnológica, Instituto Superior Técnico de Lisboa, 2010.

SOUZA, Valério M. B. – *A Influência da Ocupação do Solo no Comportamento da Ventilação Natural e na Eficiência Energética em Edificações. Estudo de Caso em Goiânia – Clima tropical em Altitude*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Brasília 2006.

STEEN, Bill et al. – *Built by Hand: Vernacular Buildings Around the World*. Utah, ed. Gibbs Smith, 2003.

TOFLER, A. - *A Terceira Vaga*. Edição “Livros do Brasil”; Lisboa, 2003.

TORGAL, F. Pacheco; JALALI, Said – *A Sustentabilidade dos Materiais de Construção*. Universidade do Minho, ed. TecMinho, 2010

UNITED NATIONS – *Urban and Rural Areas 2007*. New York, United Nations publication, 2008. (Consultado em 01/09/2012). http://www.un.org/esa/population/publications/wup2007/2007_urban_rural_chart.pdf

ZHAI, Z.; PREVITALI, J.M. – *Ancient Vernacular Architecture: Characteristics Categorization and Energy Performance Evaluation*. Energy and Buildings, Vol. 42, nº 3, págs. 357-365, Elsevier, 2010.

ZENID, G. J.; ROMAGNAMO, L. F. T.; NAHUZ, M.A.R.; MIRANDA, M. J. A. C.; FERREIRA, O. P., BRAZOLIN, S. – *Madeira: Uso Sustentável na Construção Civil*. São Paulo, IPT, 2009.

WANGSADINATA, W.; DJAJASUDARMA, T. – *Architectural Design Consideration for Modern Buildings in Indonesia*. Jakarta, Conference “Building Construction Technology for the Future: Construction Technology for Highrise & Intelligent Buildings”, 1995. (Consultado em 04/12/2013). <http://www.wiratman.co.id/ximages/architecture.pdf>

WHITMORE, A. - *The emperor's new clothes: Sustainable mining*. Journal of Cleaner Production, Vol.14, pp.309-314, 2006.